

**Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара**

**Перспективні напрямки
сучасної електроніки,
інформаційних і комп'ютерних
систем**

Тези доповідей

**на IV Всеукраїнській
науково-практичній конференції
MEICS-2019**

**м. Дніпро
27-29 листопада 2019 р.**

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Поляков М. В., член-кор. НАН України, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – голова орг. комітету

Коваленко О. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – заст. голови орг. комітету

Башев В. Ф., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)

Пелещак Р. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Дрогобич)

Гіржон В. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Запоріжжя)

Дробахін О. О., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)

Дмитрук І. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Київ)

Карташов В. М., д. т. н., проф. (м. Харків)

Корчинський В. М., д. т. н., проф. (м. Дніпро)

Павлик Б. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Львів)

Рябцев С. І., д. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Скалозуб В. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)

Трубіцин М. П., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)

Тулученко Г. Я., д. т. н., проф. (м. Херсон)

Лепіх Я. І., д. ф.-м. н., проф. (м. Одеса)

Хандецький В. С., д. т. н., проф. (м. Дніпро)

Шульга С. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Харків)

Гомілко І. В., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Колбунов В. Р., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Свинаренко Д. М., к. т. н., доц. (м. Дніпро)

Скуратовський І. А., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Іванченко О. В., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Пляка С. М., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Вчений секретар конференції

Вашерук Олександр Васильович, к. т. н., доц. (м. Дніпро)

П 26 Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2019). Тези доповідей на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції: 27-29 листопада 2019 р., м. Дніпро / Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2019. – 277 с.

ISBN

В збірник включені тези доповідей на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції, яка відбулася в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, 27-29 листопада 2019 р.

ISBN

© Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара, 2019.

Секція І. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І
ТЕХНОЛОГІЇ

S. Zhadlun, D. Chernetchenko, R. Lytvynenko, S. Kochubey. Dynamic visualization of the electronic devices structure with elements of augmented reality	9	А. Мартиненко, Б. Мороз, І. Гуліна. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей	33
Є. Мелешко, В. Хох, В. Резніченко, В. Босько. Дослідження методів оцінювання робастності рекомендаційних систем до атак накручування рейтингів	10	О. Гуртовий, Н. Матвєєва. Використання фреймворку Spring та мови Java для отримання об'єктів з нереляційної бази даних MongoDB	35
В. Долгов, Т. Задоя. Оптимізація процесу формування команд з розробки програмних продуктів в студентських групах	12	М. Кравець. Методи оптимізації баз даних програмних систем	37
А. Нікітішина, О. Небеснюк. Дослідження та розробка пристрою для моніторингу повітряного середовища	14	М. Закржевський, Н. Карпенко. Етапи розробки людино-орієнтованого дизайну	39
О. Lytvynov, O. Bilakovskiy, R. Savchenko. On business logic layer design and architecture	16	О. Соловйова, Н. Кізілова. Система моніторингу стану серцево-судинної системи людини на основі математичної моделі судинного русла	41
І. Лисенко. Питання про замкненість табличних алгебр	18	Д. Сівцов. Використання інтерактивних програмних систем для навчання основам комп'ютерної криптографії	43
Т. Прокоф'єв, О. Іванченко, В. Гнатушенко, А. Білоус, В. Бережний. Апроксимаційний метод визначення зміни відносної кількості центрів світіння люмінесценції монокристалів при зміні умов експерименту	19	І. Оксанич, І. Шевченко. Інформаційна модель багатофазного обслуговування заявок	45
О. Андріанов, Л. Зіновчук. Тенденції розвитку веб-технологій	21	О. Прокопчук. Морфологічне оброблення у комп'ютерному стереозорі	47
І. Косенко. Ефективність алгоритму рапперта для тріангуляції полігонів	23	І. Вернигора, С. Вовк. Автоматична декомпозиція залежностей на суму гауссівських функцій	49
М. Горбійчук, О. Біла. Метод емпіричного моделювання статистики технічних систем в умовах невизначеності	25	І. Жуковицький, І. Цикало. Використання методів штучного інтелекту в системах виявлення вторгнень	51
N. Borysova, K. Melnyk, V. Melnyk. Development of computer system for adaptive knowledge testing in humanitarian disciplines	27	О. Пічулін, С. Вовк. Прогнозування даних в умовах наявності аномальних значень	53
С. Вовк. Математичне моделювання за складних умов спостереження	29	А. Zavalaska, N. Karpenko, D. Klitsenko. Use of the e-Learning in the educational process	55
Д. Янченко. Дослідження методів формування зображень віртуального руху	31	Т. Магпо. Дослідження методів розробки сучасних веб додатків	56
		А. Мотайло, В. Алексенко. Кубатурна формула по октаедру для тригонометричного полінома окремого виду	58
		Д. Мороз. Дослідження доцільності розробки мобільного додатку для розширення функціоналу сайту факультету ФЕКС	60

М. Фасто, В. Машевський. Розпізнавання автомобільних номерних знаків з відеозображень із застосуванням нейронних мереж	62	О. Івон, В. Істушкін, В. Касьян, С. Савран. Використання засобів web-дизайну для обробки даних ДТА	80
Т. Чурсіна. Методи структурної оптимізації веб-систем	64	В. Герасимов, А. Сінохіна. Підходи до вибору технологічного стеку	82
		Д. Терета, Н. Боцьва. Автоматизація розрахунку області видимості безпілотного апарата	84
		Ye. Berns, D. Chernetchenko, O. Yelina, M. Motsnyi. Automated complex control of illumination parameters based on microcontroller device	85
Секція II. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ		Л. Ахметшина, В. Моторя. Просторова нечітка кластеризація в завданні сегментації напівтонових зображень	86
D. Shulga, N. Botsva, D. Chernetchenko, A. Balahanova. Automated spectral analysis of quasiperiodic signals	67	І. Пономарьов. Можливості використання технології блокчейн у системі онлайн-голосування	88
І. Лактіонов, О. Вовна, В. Боричевський, Г. Лактіонова. Комп'ютеризована система моніторингу та керування штучним досвічуванням рослин у теплицях на базі нечіткої логіки	69	А. Балаханова, М. Мілих, Д. Чернетченко, Н. Боцьва. Цифрова обробка сигналів при вимірюваннях біоімпедансу	90
М. Прохорова, Н. Нікітін, В. Хандецький. Особливості побудови інформаційних систем з мікросервісною архітектурою	71	А. Філенко, І. Пономарьов, В. Алексєєнко. Інтеграція PLM системи в середовище MATLAB	92
О. Івон, В. Істушкін, Ю. Рибка, С. Савран. Web додаток для вимірювання вольтамперних характеристик з растрових зображень осцилограм	73	В. Чумак, І. Свид. Створення модуля VHDL-опису при проектуванні цифрових систем на ПЛІС в Xilinx ISE Design Suite	94
D. Ses, D. Chernetchenko, M. Voloshyn, M. Herasymenko. Solar panel efficiency measuring system	75	О. Вовк, М. Андрєєв. Використання комп'ютерної нейронної мережі для радіохвильового контролю параметрів розподілених структур	96
Є. Колесник, Є. Сніжко, Н. Боцьва, О. Єліна. Мікроконтролерна система керування установкою для мікродугового електролізу	76	В. Мусієнко, М. Андрєєв. Комп'ютерне моделювання багатоканальних перетворювачів для відновлення параметрів мікрохвильового сигналу	98
О. Вовна, І. Лактіонов, М. Бережний, В. Лебедєв. Комп'ютеризована технологія моніторингу й керування системою автоматичного поливу рослин у теплицях на базі нечіткої логіки	77	П. Французан, Д. Чернетченко, П. Бутенко, О. Єліна. Схемотехнічне рішення для автоматизованого контролю параметрів оточуючого середовища	100
М. Tamarov, Yu. Dodonova, D. Chernetchenko, O. Yelina. Electronic system for dynamic regulation of led indication	79	І. Пономарьов, К. Підденежний. Блокчейнові моделі в організації навчального процесу	102
		В. Герасимов, О. Беліченко. Версіонування структур баз даних за допомогою Liquibase	104

I. Пономарьов, С. Попов. Розробка web-додатку для автоматизації створення компонентів в хмарній системі проектування Onshape	106	Б. Молодець, Т. Булана. Аналіз інструментів розробки комп'ютерних програм	134
А. Білошапка, Н. Матвєєва. Огляд методологій SCRUM та DevOPS	108	Л. Ахметшина, О. Книш. Нечіткі множини типу_2 в задачі сегментації слабо-контрастних зображень	136
К. Ефіменко, В. Хандецький. Розробка апаратного та програмного забезпечення системи безпеки виробничих приміщень	110		
А. Шиліна, С. Веріго. Фреймворк Angular для створення web-додатків	112		
О. Lytvynov, P. Davydov. Structure of frame-based model code generator	114		
В. Бондаренко, М. Горобець. Застосування технологій IEEE 802.11 у телекомунікаційній IT-інфраструктурі електронного урядування м. Дніпра	116		
О. Lytvynov, V. Stupaiev. On applying domain-driven design principles in practice	118		
В. Стариченко, Н. Матвєєва. Дослідження ефективності побудови стійких інформаційних систем	120		
О. Морозов, Д. Іващев. Асемблер-додатки для вивчення особливостей роботи з текстовими файлами та зображеннями в середовищі FASM	122		
Н. Твердоступ, В. Маймур. Моделирование в среде MULTISIM развертывающего преобразователя емкости, шунтированной активным сопротивлением	124		
Л. Ахметшина, С. Митрофанов. Поліпшення і сегментація слабо-контрастних зображень на основі методу нечіткої інтенсифікації	126		
V. Sokolov, V. Gerasimov. Infrastructure as code model	128		
Г. Освятинський. Особливості багато-поточної обробки даних в системах відеоспостереження	130		
Р. Литвиненко, М. Мілих, Д. Чернетченко, М. Моцний. Система контролю рухів на основі MEMS датчиків	131		
		Секція III. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ Й ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ	
		Б. Гунько, В. Корчинський. Завадо-стійкість процедур аутентифікації абонентів у системах цифрового мобільного зв'язку	138
		А. Gnilenko, S. Plaksin. Design of 4x4 patch antenna array for millimeter wave wireless communication devices	140
		В. Коротков, О. Єліна, Д. Чернетченко. Апаратно-програмний засіб для автоматизованої реєстрації світлових характеристик	142
		Р. Корнич, Л. Філінський, В. Магро. Розробка методів дистанційного зондування об'єктів що знаходяться позаду діелектричних перешкод	143
		І. Козарь, В. Корчинський. Часові характеристики телетрафіку багато-канальних систем цифрового зв'язку	145
		П. Фастиковський, М. Глауберман. Мало-габаритний сейсмічний пристрій для виявлення руху людини	147
		Д. Подафей, Д. Салтиков. Вплив температури навколишнього середовища на параметри біконічного резонатора	149
		В. Дмитрієв, Л. Філінський, В. Магро. Дослідження характеристик відбиття та поглинання пінних зразків в оптичному діапазоні	150

В. Карпов, М. Андрєєв. Комп'ютерна оптимізація характеристик діелектричної стрижневої антени для задач мікрохвильової інтроскопії 152

Я. Крутін, А. Корчак, М. Рєзніков, Г. Фелінський. Гаусова апроксимація профілю ВКР підсилення у волокні з компенсованою дисперсією 154

І. Гомілко, О. Сегеда, М. Фесенко, В. Міщенко. Створення системи автоматичного вимірювання якості атмосферного повітря 156

І. Чекалін, Д. Салтиков. Інформаційно-аналітична система виявлення стеганографічних даних в растрових зображеннях 158

Д. Свиначенко, А. Щербаченко. Аналіз процедури хендверу в телекомунікаційних мережах 4-го покоління 159

С. Атаманов, В. Магро. Дослідження кінцевої антенної решітки з відкритих кінців хвильоводів 160

М. Бігун, А. Євчик. Система дистанційного моніторингу мікроклімату 162

Д. Савченко, І. Гомілко, О. Ляшков. Створення вимірювального комплексу для дослідження газочутливих властивостей сенсорів 163

Р. Олексійчук, В. Магро. Дослідження узгоджуючих елементів хвильоводної антенної решітки 165

И. Зиненко, В. Пьянков. Анализ е-плоскостного соединения пяти волноводов с круговой проводящей вставкой 167

В. Надточий. Дослідження складених резонаторів: комбінація відкритого та хвильовідного резонаторів 169

Д. Кулаков. Дослідження сигналів на основі методу Проні 171

С. Пархоменко, О. Вашерук, С. Пляка. Розробка апаратури визначення дефектів у напівпровідникових пластинах 173

Секція IV. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА. МІКРО- І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

О. Тонкошкур. Моделювання релаксації варисторно-позисторних пристроїв захисту фотоелектричних модулів від перенапруги при відновленні освітлення 175

І. Трикур, М. Січка, І. Цьома, А. Потапчук, В. Різак. Методика поширювального нанесення плівок та характеристики двошарових структур на основі бактеріородопсину 177

О. Гниленко, С. Плаксін. Тонкоплівковий сонячний елемент з двобічним покриттям металевими наночастинками 179

В. Колбунов, О. Івон, О. Вашерук. Електропровідність кераміки систем VO_2 -ванадієво-фосфатне скло (ВФС) та VO_2 -ВФС- SnO_2 з добавками Cu та Cu_2O 181

О. Іванченко. Вплив струмових перевантажень на електричні характеристики кремнієвих фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей 183

Р. Балабай, А. Соломенко. Функціоналізація двовимірних напівпровідникових матеріалів 185

В. Мотуз, М. Пелін, Д. Салтиков. Вплив еліптичності зразка на точність вимірювання діелектричної проникності за допомогою біконічного резонатора 187

Д. Мазур, З. Ніконова. Універсальний оптично – електронний пристрій 189

Д. Волинець, С. Ніколов, Д. Салтиков. Вимірювання параметрів діелектричних плівок за допомогою біконічних резонаторів 190

М. Сльотов, О. Сльотов. Температурно-стійкі матеріали на II-VI сполуках 191

О. Доброжан, Р. Пшеничний, Д. Курбатов, А. Опанасюк. Структурні, субструктурні властивості та хімічний склад плівок ZnO , нанесених друком наночорнилами на гнучкій підкладці 193

А. Мельников, О. Гапонов. Вплив домішок Nb_2O_5 та Bi_2O_3 на електричні параметри оксидно-олов'яних варисторів 195

- М. Сльотов, О. Сльотов. **Фоточутливі структури на основі шарів II-VI сполук** 196
- І. Шведюк, М. Солован, Г. Пархоменко. **Детектори ультрафіолетового випромінювання на основі гетероструктури TiN/n-SiC** 198
- О. Кінзерська, І. Сенко. **Використання кристалів ZnSe<Te> для створення надспектральних оптичних систем** 199
- I. Studenyak, A. Pogodin, V. Studenyak, O. Kokhan. **Synthesis and electrical conductivity of new sodium-containing solid electrolytes** 201
- О. Коваленко, В. Воробський, В. Балабуха. **Модифікація нанокристалів ZnO:Mn воднем** 202
- Є. Шама, В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова. **Моделювання зсуву Федорова-Ембера на межі діелектрика з фрактально конфігурованим метаматеріалом** 204
- Я. Фролов, М. Трубіцин. **Електропровідність мікрокристалічних сполук Li₂O-7GeO₂ з домішками** 206
- П. Мар'янчук, Е. Майструк, М. Солован, І. Олексенко, Г. Пархоменко, Л. Димко. **Виготовлення, електричні та смісні властивості гетероструктур AlN/CdTe** 208
- В. Онуфрієнко, Є. Шама, Л. Онуфрієнко. **Управління струмом польового транзистора з фрактально імпедансним каналом** 210
- І. Орлецький, М. Ілашук, Е. Майструк, П. Мар'янчук, О. Парфенюк. **Генераційно - рекомбінаційні процеси в ізотипних гетеропереходах n-Mn₂O₃/n-CdZnTe** 212
- В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова, Л. Онуфрієнко. **Розрахунок C-V характеристик фрактальних структур «метал-окисел-напівпровідник»** 214
- І. Бех, О. Гриневич, С. Новак, М. Хожай. **Вдосконалена модель нелінійного елемента штучного нейрона на основі приладів аналогової електроніки** 216
- А. Кротенко, І. Скуратовський. **Електричні властивості низьковольтної варисторної кераміки на основі SnO₂ з добавкою оксиду сурми** 218
- О. Ляшков. **Моделювання електрофізичних характеристик самовідновлюваних запобіжників на базі композитів поліетилен-нановуглець** 220
- О. Котік, П. Охолін, Ю. Гоменюк, О. Слободян, С. Малюта, П. Литвин, А. Ніколенко, А. Назаров. **Вплив ВЧ плазмової обробки на властивості нанорозмірних плівок MoS₂** 222
- Alexander N. Bondarchuk, Iván Corrales-Mendoza, Sergio A. Tomás, Luis Á. Arellanes-Mendoza. **Photoelectrochemical water splitting by photoelectrodes grown on SnO₂ ceramics** 223
- Т. Мазур, М. Мазур. **Тонкоплівкові гетероструктури CdTe в сонячній енергетиці** 225
- О. Чернікова. **Взаємодії епітаксійних шарів Al/CuO** 227
- Секція V. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА В
МАТЕРІАЛАХ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ОТРИМАННЯ
- A. Kovalenko, O. Khmelenko, Y. Plakhtii, V. Slavnyi. **Obtaining of ZnS_xSe_{1-x} nanocrystals by shs method** 229
- В. Лобанов, М. Терєбінська, О. Філоненко, О. Ткачук. **Електронні властивості міжполімерного комплексу PEDOT:PSS у складі органо-неорганічних фотовольтаїків** 231
- Г. Гайдар, М. Старчик, М. Пінковська. **Опромінення іонами гелію як спосіб формування упорядкованих структур у кремнії** 233
- Р. Лавров, О. Івон. **Визначення за даними імпульсних випробувань лінійного опору, що обмежує струм бар'єрів варисторних матеріалів** 235

- N. Pavlusiak, Yu. Gomeniuk, O. Slobodian, O. Gudymenko, A. Rusavsky, A. Vasin, A. Nazarov. **Electrical properties of highly porous conductive carbon films** 237
- О. Верес, С. Рябцев, Т. Кошляк, В. Башев, А. Кушнерьов, С. Попов, Ю. Потапович. **Метастабільні стани в плівках на основі системи Fe-Ag отриманих гартуванням з пари** 238
- Р. Балабай, І. Олійник, Ю. Прихожа. **Порівняння інтеркаляції атомів Na та Li в аноді акумулятора, виконаного із SnS₂: розрахунки із перших принципів** 240
- С. Лягушин, О. Соколовський, С. Соколовський. **Переваги методу скороченого опису боголюбова в теорії надвипромінювання** 242
- В. Черняк, В. Юхименко, К. Юхименко, О. Коломієць, Д. Гамазін, Ю. Самченко, А. Горячко. **Генерація наночастинок благородних металів у плазмово-рідинних системах атмосферного тиску** 244
- A. Bukivskii, Yu. Gnatenko, P. Bukivskij, M. Furier, L. Tarahan, R. Gamernyk. **Effect of Mo-doping on the optical and photoelectric properties of CdTe crystals and their defect structure** 246
- А. Латишова, М. Дергачов. **Оптичні явища в нанокompозитах на основі синтетичних опалів** 247
- A. Pogodin, O. Yamkovy, V. Studenyak, M. Filep, O. Kokhan, I. Studenyak. **Growth and electrical studies of (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I solid electrolytes** 248
- І. Кравчук, О. Соколовський, С. Соколовський, О. Грінішин. **Релаксація температур і швидкостей компонент плазми в моделі Лоренца** 249
- M. Dmytriiev, V. Skalozub. **Dark matter signals description in the scattering processes in the generalized Yukawa model** 251
- Д. Пічковський, М. Буланій, О. Морозов. **Вплив електричного поля на люмінесценцію кристалів ZnS** 252
- Д. Степанчиков. **Розрахунок емісійних спектрів квантових точок в напівпровідниках A₃^{II}B₂^V** 253
- О. Панкратов, А. Євчик. **Дослідження спектрів люмінесценції від різних точок поверхні фотонних кристалів** 255
- Y. Syetov. **Computational study of nonlinear optical properties of benzoxazoles exhibiting excited state proton transfer** 257
- О. Голубицький, В. Карпенко, В. Макаров, О. Ляшков. **Полімерні композити на основі варисторних керамік в якості наповнювача** 258
- Р. Кисіль, А. Євчик. **Спектри відбиття одновимірної брегівської структури з урахуванням дисперсії показника заломлення та нерівномірності товщини шарів** 260
- Г. Гайдар. **До методики визначення параметра анізотропії термоерс n-Si, пружно деформованого вздовж [110]** 261
- Є. Трахтман. **дослідження слабо-відбивних структур у мікрохвильовому діапазоні** 263
- V. Skalozub. **Induced effective vertexes in quark-gluon plasma** 265
- T. Kruzina, S. Popov, Yu. Potapovich, A. Rutskiy, S. Popov. **Thin ferroelectric films on dielectric substrates with high thermal conductivity** 265
- Д. Волинець, М. Трубіцин. **Електричні властивості кристалів LiNaGe₄O₉** 267
- А. Тарасенко, А. Євчик. **Розробка та дослідження моделі брегівської структури з різною орієнтацією шарів** 269
- К. Михайлов, А. Галат. **Дослідження характеристик дисплея на основі органічних сполук** 271
- Д. Соснін, А. Євчик. **Дослідження спектрів відбиття від різних точок поверхні фотонних кристалів** 272
- A. Bukivskii, Yu. Gnatenko, P. Bukivskii, Yu. Piryatinski. **Kinetics and lifetime distributions of exciton photoluminescence of PbMnI₂ semiconductor crystals** 274
- I. Baranov, V. Skalozub. **Effective triple gluon and photon-gluon vertexes in the quark-gluon plasma** 275

DYNAMIC VISUALIZATION OF THE ELECTRONIC DEVICES STRUCTURE WITH ELEMENTS OF AUGMENTED REALITY

S. Zhadlun, D. Chernetchenko, R. Lytvynenko, S. Kochubey

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

Visual information is much better perceived and allows you to quickly and effectively give information of thoughts and ideas to another person. Physiologically, 90% of information a person perceives through vision; 70% of sensory receptors are in the eyes; 323% better people follow instructions if it contains illustrations.

As technology increases, available design space usually decreases. Whether for aerospace, IoT, or any other design type, printed circuit boards (PCB) are getting denser as well as being squeezed into tighter spaces. With compressed design schedules, you no longer have the luxury to design multiple PCB prototypes to check for size. You need to be able to use computer aided design to see how your components will fit as you create the board layout without building multiple prototypes. 3D PCB design software will give you the best schematic design view of your board to design it right the first time [1]. Moreover, when presentation of some electronic device for wide public takes occur, we need to take into account that not all listeners know all structural features of the device. There is visualization which will help to convey information for quick and productive cooperation and improve development process.

To recreate the visualization the *3D Cinema 4D* package for further processing in *After effect* was used [2]. Augmented reality is commonly perceived mixed reality, which created using a computer using the "augmented" elements of perceived reality when real objects are mounted in the field of perception. Augmented reality is more convenient to create in *After effect*, prior to this having done tracking of any video for further use in other programs in which elements of augmented reality were added. Tracking itself is carried out in *PFT Track* and *SynthEyes* [3]. These two programs were used for visualization of an PCB of electronic device, which served to better study, researching process and further presentations (Fig.1).



Fig. 1. 3D model of printed circuit board (PCB) of portable ECG-sensor

3D designing not only enables to view your manufacturing design in real-time, but also helps you to better visualize your next design steps and how one board may fit with another.

Modern powerful 3D visualization software with elements of augmented reality helps to quick and cheap implementation of electronics designs visualization for better understanding where exactly and how all components fit within designs and relative to each other in space.

- [1] Ермуратский П.В., Лычкина Г.П., Минкин Ю.Б. Электротехника и электроника. М.: ДМК Пресс. (2011).
- [2] Redshift3d_render Telegram Channel [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://t.me/Redshift3d_render.
- [3] Базалева О, Мастерство визуализации данных. М.: Диалектика. (2018).

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РОБАСТНОСТІ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДО АТАК НАКРУЧУВАННЯ РЕЙТИНГІВ

Є. Мелешко, В. Хох, В. Резніченко, В. Босько

*Центральноукраїнський національний технічний університет
elismeleshko@gmail.com*

Рекомендаційні системи – це інструменти для одержання списків рекомендацій користувачам веб-ресурсів або програмних додатків на основі історії їх попередніх дій, зокрема, на основі оцінок, які вони виставляли об'єктам системи [1]. Найчастіше рекомендаційні системи застосовуються в Інтернет-магазинах для формування рекламних пропозицій та в соціальних мережах для формування стрічки новим.

Рекомендаційні системи на основі колаборативної фільтрації вразливі до атак зловмисних груп користувачів, які прагнуть змістити частоту потраплянь певних об'єктів у списки рекомендацій певної категорії користувачів, для чого вони накручують рейтинги деяким товарам [1-3].

Робастність (надійність) рекомендаційної системи – здатність її адаптуватися до потреб звичайних користувачів, ігноруючи впливи користувачів-зловмисників [1].

Оскільки результати алгоритмів колаборативної фільтрації залежать від дій користувачів системи, можна створювати подробиці профілі, або платити справжнім користувачам за виконання дій, що будуть впливати на результати роботи системи.

Основним типом атак на рекомендаційні системи з колаборативною фільтрацією є атаки ін'єкцією профілів [2-3]. Такі атаки передбачають створення деякої кількості акаунтів ботів, які будуть виставляти потрібні зловмиснику оцінки об'єктам системи.

Для атак ін'єкцією профілів завжди буде існувати цільовий об'єкт, рейтинг якого треба збільшити, або зменшити. А також будуть нецільові об'єкти, які будуть оцінюватися для наповнення профілю бота та намагання зробити його схожим на профіль справжніх користувачів.

Зловмисник для здійснення впливу повинен точно імітувати дії звичайних користувачів, щоб не бути виявленим. А надійна рекомендаційна система повинна працювати так, щоб результат від дій зловмисників був настільки малоефективним, щоб у них не було стимулів продовжувати атаки.

Оскільки мета атак на підвищення/пониження рейтингів – це зміна рейтингу цільового об'єкту, потрібно оцінити, наскільки успішно вони це роблять.

Показники робастності повинні фіксувати відмінності в рекомендованому статусі цільового об'єкту до і після атаки (включено чи ні його в списки рекомендацій і на якому він місці у цих списках). Для оцінювання подібних змін можна використовувати середній зсув прогнозування.

Нехай U_T та I_T – це набори користувачів та елементів відповідно у тестових даних. Для кожної пари user-item (u, i) зсув прогнозування може бути виміряний як:

$$\Delta_{u,i} = p'_{u,i} - p_{u,i}, \quad (1)$$

де p і p' є прогнози до- і після атаки відповідно.

Напр., позитивне значення $\Delta_{u,i}$ означає що атака зуміла зробити цільовий об'єкт більш позитивно оціненим.

Середній зсув прогнозування для об'єкта i для всіх користувачів можна обчислити наступним чином:

$$\bar{\Delta}_i = \sum_{u \in U_T} \frac{\Delta_{i,u}}{|U_T|}. \quad (2)$$

Аналогічно середній зсув прогнозування для всіх об'єктів у тестовій вибірці може бути обчислений як:

$$\bar{\Delta} = \sum_{i \in I_T} \frac{\Delta_i}{|I_T|}. \quad (3)$$

Зсув прогнозування – це хороший показник того, що атака спричиняє бажаний ефект, завдяки чому цільовий об'єкт стає більш (або менш) рекомендованим. Однак можливо, що, наприклад, цільовий об'єкт може бути сильно зміщений в середньому, але все ж не потрапляти до списку рекомендацій. Така ситуація може виникнути, якщо його початкова середня оцінка настільки низька, що навіть сильний її приріст недостатній.

Для оцінювання впливу атаки на списки рекомендацій існує й інший показник – коефіцієнт звернень. Нехай R_u – це набір найпопулярніших N рекомендацій для користувача u . Якщо цільовий елемент потрапляє в R_u , для користувача u , функція оцінювання H_{ui} має значення 1; інакше – 0. Коефіцієнт звернень для елемента i визначається як:

$$HitRatio_i = \sum_{u \in U_T} \frac{H_{i,u}}{|U_T|}. \quad (4)$$

Для тестування робастності системи необхідно моделювати атаки на неї та вимірювати зсув рейтингів об'єктів та коефіцієнт звернень після атаки.

- [1] Recommender Systems Handbook (2010) / Editors Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. – 1st edition. – New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc. – 842 с.
- [2] O'Mahony M.P., Hurley N.J., Silvestre G.C.M. (2002) Promoting recommendations: An attack on collaborative filtering. In: A. Hameurlain, R. Cicchetti, R. Traunmuller (eds.) DEXA, "Lecture Notes in Computer Science, vol. 2453, pp. 494–503. Springer.
- [3] Zhou W., Wen J., Qu Q., Zeng J., Cheng T. (2018) Shilling attack detection for recommender systems based on credibility of group users and rating time series. PLoS One. №13(5). – doi:10.1371/journal.pone.0196533

THE RESEARCH TO METHODS FOR ASSESSING THE ROBUSTNESS OF RECOMMENDATION SYSTEMS FOR ATTACKS OF INCREASE/DECREASE IN RATINGS

Y. Meleshko, V. Khokh, V. Reznichenko, V. Bosko

*Central Ukrainian National Technical University
elismeleshko@gmail.com*

In this work, conducted to methods for assessing the robustness of recommendation systems for attacks of increase/decrease in ratings was research. And also the basic robustness metrics of recommendation systems were considered. It was found that the main type of attacks on recommendation systems with collaborative filtering are profile-injection attacks, and the main robustness metrics are rating shift and hit ratio.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КОМАНД З РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ В СТУДЕНТСЬКИХ ГРУПАХ

В. Долгов, Т. Задоя

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

valeriy.dolgov@i.ua, zadoya164@gmail.com

Останнім часом у царині розробки програмного забезпечення все більше уваги приділяється Agile-технологіям, які передбачають командну роботу невеликих колективів. Досвід такої навчальної роботи в студентських командах свідчить про наявність цілої низки проблем, пов'язаних як з формуванням команд розробників, так і з налагодженням ритмічної їх роботи. Головною проблемою при формуванні таких груп є принципова обмеженість академічної групи, яка складається з носіїв відповідних якостей, і однорідність сформованих команд. При дослідженні використовувалась теорія командних ролей Р. Белбіна [1]. В контексті оптимізації складу команд вона дає змогу сформувати систему обмежень при вирішенні задачі багатокритеріальної оптимізації, а самі критерії формуються на основі низки тестів, які проходять студенти під час формування команд:

- 16-параметровий тест Кеттела [2],
- тест Айзенка,
- тест на відповідальність [3].

Ілюстрація, що наводиться як приклад, відповідає реальним даним в групі з 29 студентів, з яких формуються 4 команди. Використання евристичних критеріїв призводить до формування однієї команди за залишковим принципом. На рис.1 наведено значення критерію Діксона, який характеризує однорідність малих вибірок.

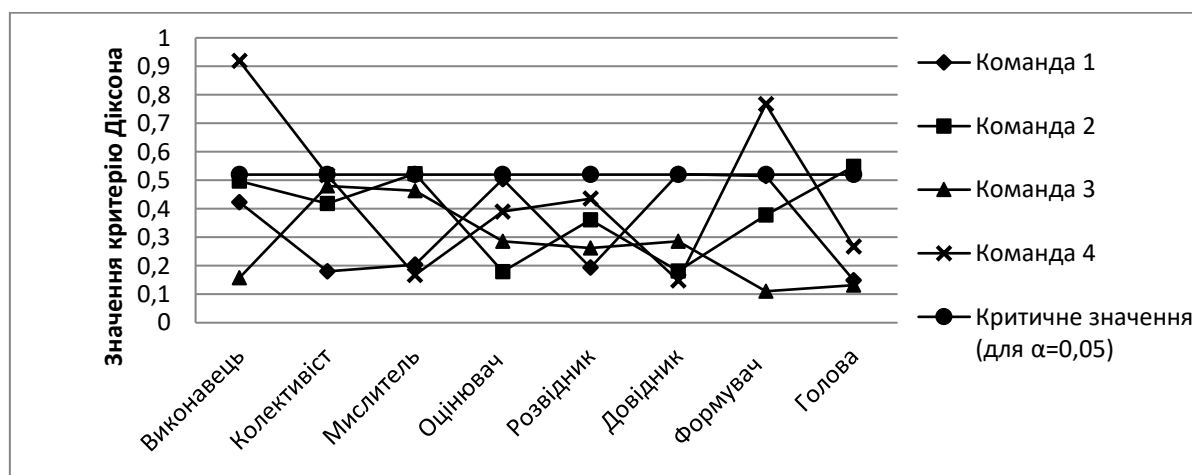


Рис. 1. Значення критерію Діксона

Зрозуміло, що група №4 з самого початку буде мати проблеми в ході командної роботи. Перевищення критичного значення критерію Діксона зазначає наявність грубого викиду і необхідність видалення з команди члена з найбільшим значенням певного показника. Команда стає неповноцінною.

Окрім показника відповідальності (В), який треба максимізувати, запропоновано використовувати в якості функціоналів при оптимізації складу команд інтегральні фактори Q1-Q3 теста Кеттела, які суттєво впливають на командну роботу [2].

Показник Q1 – цей показник має досягати деякого конкретного значення. 7 стень – експериментує, критичний, ліберальний, аналітичний, вільно мислячий.

Показник Q2 – незалежність, орієнтація на власні рішення, самостійність, винахідливість, прагнення мати власну думку. 1-3 стени – воліє працювати і приймати рішення разом з іншими людьми, схильний йти з групою. Показник треба мінімізувати.

Показник Q3 – люди з високими оцінками за цим фактором схильні до організаторської діяльності. Фактор позитивно пов'язаний зі ступенем активності при вирішенні групових проблем. Показник треба максимізувати.

Таким чином, мова йде про багатокритеріальну оптимізацію при наявності обмежень і такому порядку важливості критеріїв: Q2, Q3, B, Q1.

На першому етапі, методом статистичних випробувань складаються набори команд, які відповідають вимогам Белбіна. Кількість таких команд достатня для того, щоб проводити подальші дії. У табл.1 наведена кількість команд, які відповідають таким вимогам за двома і трьома показниками у шкалі командних ролей.

Табл. 1. Кількість команд, які відповідають вимогам Белбіна за двома та трьома ролями

Число прогонів	Успішних (3 ролі)	Відсоток успішних	З них унікальних	Відсоток унікальних
3000	763	25,43	501	16,7
Число команд	Успішних (2 ролі)	Відсоток успішних	З них унікальних	Відсоток унікальних
4	27	0,9	20	0,67

Потім відбираються унікальні набори команд №1-№4. Нарешті методом послідовних поступок здійснюється процедура оптимізації ансамблю всіх команд.

Запропонований підхід може бути корисним при організації навчання за командними принципами з будь якого предмету.

- [1] Тест Р. М. Белбіна "Командные роли". Классификация ролей в группе [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://psycabi.net/testy/674-test-r-m-belbina-komandnye-rol-i-klassifikatsiya-rolej-v-gruppe>.
- [2] 16PF Тест Кеттелла форма А (187 вопросов) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://onlinetestpad.com/ru/test/2-16pf-test-kettella-forma-a-187-voprosov>
- [3] Опросник диагностики личностного симптомокомплекса ответственности [Електронний ресурс]: dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/3700

OPTIMIZATION OF THE TEAM FORMATION PROCESS FOR STUDENT GROUPS DEVELOPMENT

V. Dolgov, T. Zadoya

*Oles Honchar Dnipro National University
valeriy.dolgov@i.ua, zadoya164@gmail.com*

The report examined the issues of forming teams of optimal composition for software development in student groups in accordance with Belbin's concept. The requirements of the concept are considered as a set of restrictions and the quality functionals are formed on the basis of the results of testing students using a number of tests: The optimization itself is carried out by the method of successive concessions on the set of partitions of the student's composition into several working teams.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА

А. Нікітішина, О. Небеснюк

*Інженерний інститут Запорізького національного університету
nikitishinaa@gmail.com*

Повітря, залежно від хімічного складу, фізичних властивостей, наявності забруднюючих чинників, може бути як сприятливим так і небезпечним.

Сприятливим повітряне середовище буває тоді, коли воно має відповідну чистоту, необхідні хімічні показники та мікроклімат.

Вуглекислий газ (CO_2 , вуглекислота, діоксид вуглецю, двоокис вуглецю) являє собою безбарвний газ без запаху. Він виділяється людиною при видиху, а також при спалюванні нафти, бензину, природного газу.

Медичні дослідження показують, що підвищений вміст CO_2 в приміщенні впливає на самопочуття людини та може призвести до погіршення здоров'я (таблиця 1). Найбільш чутливою до збільшеної кількості CO_2 є центральна нервова система. При концентраціях близьких до 2% погіршується умовно-рефлекторна діяльність, зменшується вентиляторна функція легенів, порушується гомеостаз. При концентрації близько 5% відбувається пригнічення електричної активності мозку.

Детектування рівня CO_2 потрібне в усіх сферах життя до складу яких він входить. Діоксид вуглецю знаходиться не лише в приміщеннях і атмосферному повітрі, але і у воді та частково в ґрунті [1].

Таблиця 1 - Вплив підвищеного вмісту вуглекислого газу в приміщенні на організм людини

Рівень CO_2 в приміщенні вище 800 ppm	
Короткочасний вплив	Основні симптоми: • Відчуття нестачі повітря
Короткочасний вплив (кілька годин)	• головний біль • втома • запаморочення • погана концентрація уваги • апатія • відчуття спеки • роздратування очей, носоглотки • поганий сон
Тривалий вплив (Регулярно, від декількох годин до декількох років)	Метаболічний ацидоз. Можливі наслідки: • захворювання крові • діабет • захворювання серцево - судинної системи • набір ваги • крихкість кісток
	Якість сну: • безсоння • немає відчуття бадьорості • посилення храпіння
	Погіршення репродуктивної функції людини
	Негативні зміни в ДНК

В 2013 році вперше рівень вуглекислоти в атмосфері перевищив 400 ppm. Цим фактором були стурбовані екологи всього світу, адже з 1958 року рівень виріс на 85 ppm, і якщо так триватиме далі, то атмосферне повітря буде згубним для людей [2]. Тому актуальним стало питання моніторингу CO₂ в жилих приміщеннях та приміщеннях загального користування.

Для впровадження системи моніторингу вуглекислого газу потрібна система, яка не потребує втручання сторонніх організацій в щоденний процес дослідження та дозволить аналізувати ситуацію самостійно. Для цього необхідно було розробити архітектуру майбутньої системи, основу якої складає обладнання детектування вуглекислого газу.

Основу пристрою для вимірювання вуглецю складає апаратно-програмний комплекс, основою якого є мікроконтролер. Запропонований пристрій дозволяє вимірювати та контролювати вміст CO₂ в шкільних кімнатах та дитячих садочках. Використання двох детекторів дозволяє отримати найбільш точні показники.

Кожним датчиком передбачається проводити виміри не частіше ніж один раз на 10 хвилин, то при системі з двох пристроїв, запрограмованих на різний час початку роботи, вимірювання буду проводитися частіше. Так само при паралельній роботі датчиків у системи моніторингу буде існувати можливість незапланованої перевірки в разі фіксації одним пристроєм високої концентрації, за допомогою запуску дублюючого пристрою.

Оскільки в розробляється детекторі вуглекислого газу встановлений датчик температури і вологості, то вимірювання будуть виводитися користувачеві з урахуванням зміни температури і вологості.

У будь-якій установі існує можливість короткочасного відключення електрики. Для того щоб уникнути скидання налаштувань детекторів, а так само щоб виключити можливість виходу з ладу компонентів пристрою, передбачено резервне джерело живлення, в якості якого можна встановити батарейку «крона».

На попередньо відкаліброваному розробленому детекторі були проведені експериментальні виміри, які доводять правильність вимірювань.

Розроблені вимоги до установки пристроїв детектування вуглекислого газу в приміщеннях.

- [1] ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики: (ІЕН 15251:2007, ІДТ). Київ: Мінрегіон України, 2011. 65 с.
- [2] Шилькрот Е. О., Губернский Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта // АВОК. 2008. № 4. С. 4–17.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AIR MONITORING DEVICE

A. Nikitishyna, O. Nebesniuk

*Engineering Institute of Zaporozhye National University
nikitishinaa@gmail.com*

The results of work on the development of a model of a system for recording harmful concentrations of CO₂ in educational institutions to provide daily monitoring and improve the efficiency of the educational process are presented. The developed monitoring system is focused on educational institutions and will serve as a means of increasing the effectiveness of students.

ON BUSINESS LOGIC LAYER DESIGN AND ARCHITECTURE

O. Lytvynov, O. Bilakovskiy, R. Savchenko

Oles Honchar Dnipro National University

lishu.dnepr.ua@gmail.com, savchenko_r@ffeks.dnulive.dp.ua,

bilakovskiy@ffeks.dnulive.dp.ua

Decade-to-decade and even year-to-year the complexity of software keeps growing. Business requires more than just an application or even a system meets the needs. Today's business requires more flexible and agile, maintainable and testable, robust and scalable infrastructure able to be an asset. How to design, realize and maintain such systems? What principles, architecture and patterns should be used by the developers to tackle that overwhelming complexity? These questions are stated before developers, managers, scientists.

Undoubtedly, multi-layered architecture becomes a standard for modern information systems design. According to the separation of concerns principle each layer has its own responsibility: user application provides user an ability to interact with the system, web-service provides an ability of remote access to the system, data access layer enables the persistence of objects of the system. And where is the system itself? In short, the system is business logic layer. That is why business logic layer can be regarded as the heart of the system, the most important unit, which can be thought as a main processor interacting with the peripherals/infrastructure. And consequently, there is a problem of how to build this unit making it flexible, adoptable, maintainable, testable etc.

We can say that Domain-driven design DDD [1], Hexagonal [2], Onion [3] and Clean architectures [4] are responses to that question.

DDD (published in 2004 by Eric Evans) provides a number of principles and patterns allowing developers to tackle the complexity connected to business layer design. It declares that the focus point is the domain which should be examined thoroughly and then the result of such examining is a layer separated into two main horizontal parts: application layer (thin layer of services responsible for orchestrating user actions using domain objects) and domain layer responsible for representing concepts of the business, information about the business situation, and business rules. In accordance with Evans domain layer is the heart of the system. It contains domain events and their handlers, value objects, entities, aggregates etc. In addition, Evans declares that the objects should be behaviorally rich, and context bound. By context he means sub domain/department. Thus, a number of vertical parts (i.e. contexts) and context mapping appeared. Event sourcing and command query separation are also applied.

Hexagonal (ports and adapters) architecture (documented in 2005 by Dr. Alistair Cockburn) is a three-layered architecture: application, business logic(domain) and infrastructure. Originally, there is only on layer responsible for business logic, but in reality, it divided into two sub-layers: application services and domain. But the architecture doesn't matter on what is placed within the domain unit, but mostly concentrated on how that layer interacts the environment. The reason is pointed out by the slogan "allow an application to equally be driven by users, programs and automated tests, and to be developed and tested in isolation from its eventual run-time devices and databases". The solution provided by Dr. Cockburn based on using the ports and adapters mechanism. There are two kinds of ports: ports and driven ports. Driver ports define use case boundary of the application. Actors interact with the driver ports not with the application itself. Practically, driver ports are the interfaces that the

application offers to the outside world allowing actors interact with the application. Driven ports declare an interface for a functionality, needed by the domain layer for implementing the business logic. Driver ports define API (application programming interface) of the application and driven ports define SPI (service provider interface). Adapter is a software component that allows a technology to interact with a port of the hexagon. Thus, driver adapter uses a driver port interface converting a specific component request into an agnostic request to a driver port.

Onion architecture was inspired by hexagonal and created by Jeffrey Palermo in 2008 and provides more structural architecture than its predecessor with domain layer placed in the center and a number of layers separated it from infrastructure. Thus, domain layer could not be connected to infrastructure directly. The layers practically used are: application services layer, domain services layer (i.e. repositories layer), domain layer.

Next one is clean architecture provided in 2012 by Robert C. Martin. Martin summarize the experience of the above approaches and provided an architecture based on ports and adapters with two layers of business logic: entities and use cases. Use cases is a layer of services responsible for business processes modelling and domain entities responsible for request, response, rules and entities representation.

To analyze the problems of provided approaches we should first understand what is the domain to which the infrastructure (i.e. computer system) is applied. Since 1990th most of the leading business companies work using business process management model approach. It was provided by Dr. Davenport in earlier 1990th [5] and declared an evolutionary approach focused on the process which is a structured, measured set of activities designed to produce a specific output for a customer or market. Business process management life cycle starts with design stage, in which the activities are analyzed and “as is” models are built. Despite the differences in approaches two basic forms remain the same: set of business functions (catalogue) and business processes comprised of business functions. Business functions connected to different types resources, and business processes are triggered by business events producing the output (BPMN 2.0 used to describe business process). Thus, business modeling by the software using ubiquitous language and use cases etc. should also consider business functions which can be thought as building blocks of the processes. But all the provided approaches don't have that blocks separated in unit. They are smeared among layers.

And that is the reason why we provide introduce an additional layer to Clean Architecture, the layer of Business Functions. Business functions can be constructed by an abstract factory using infrastructure layer injection, because the functions depend on resources provided by the infrastructure, and Business process layer (application services layer) remains thin as it was suggested by Eric Evans. The model becomes more comprehensible reflecting more fully the entire business model making the software more flexible and robust, testable and maintainable.

- [1] Eric Evans. “Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software”. 2003. ISBN-13: 978-0321125217.
- [2] Alistair Cockburn. Hexagonal architecture. Available at: <https://alistair.cockburn.us>
- [3] Jeffrey Palermo. Onion Architecture. Available at: <https://jeffreypalermo.com/tag/onion-architecture/>
- [4] Robert C. Martin. “Clean Architecture. A Craftsman’s Guide to Software Structure and Design”. 2018. ISBN- 13: 978-0134494166.
- [5] Davenport, Thomas H. “Process innovation: reengineering work through information technology”. 1993. ISBN 0-87584-366-2.

ПИТАННЯ ПРО ЗАМКНЕНІСТЬ ТАБЛИЧНИХ АЛГЕБР

І. Лисенко

*Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
iryna.glushko@ndu.edu.ua*

Дана робота продовжує низку досліджень присвячених актуальній проблемі розвитку теоретичної основи табличних баз даних [1, 2]. Оскільки таблицю табличної алгебри нескінченних таблиць можна розглядати як 1-мультимножину, то виникає питання про те, чи є таблична алгебра нескінченних таблиць підалгеброю мультимножинної табличної алгебри.

Таблична алгебра нескінченних таблиць – це (часткова параметрична) алгебра $\langle T, \Omega_{P,\Xi} \rangle$, де T – множина усіх таблиць, $\Omega_{P,\Xi} = \{ \cup_R, \cap_R, \setminus_R, \sigma_{p,R}, \pi_{X,R}, \otimes_{R_1,R_2}, \div_{R_1,R_2}^{R_1}, Rt_{\xi,R}, \sim_R \}_{\substack{p \in P, \xi \in \Xi \\ X, R, R_1, R_2 \subseteq A}}$ – сигнатура, P, Ξ – множини параметрів [2]. Сигнатура $\Omega_{P,\Xi}$ містить операції об'єднання, перетину, різниці селекції, проекції, з'єднання, ділення, перейменування та активного доповнення.

Мультимножинна таблична алгебра – це алгебра $\langle \Psi, \Omega_{P,\Xi} \rangle$, де Ψ – множина всіх таблиць, $\Omega_{P,\Xi} = \{ \cup_{All}^{\Psi,R}, \cap_{All}^{\Psi,R}, \setminus_{All}^{\Psi,R}, \sigma_{p,R}, \pi_{X,R}, \otimes_{R_1,R_2}, Rt_{\xi,R}, \sim_R \}_{\substack{p \in P, \xi \in \Xi \\ X, R, R_1, R_2 \subseteq A}}$ – сигнатура [2].

Доведено, що таблична алгебра нескінченних таблиць не є підалгеброю мультимножинної табличної алгебри, бо не є замкнутою відносно операцій об'єднання, проекції та активного доповнення [3]. Отже, табличну алгебру нескінченних таблиць не можна розглядати як складову мультимножинної табличної алгебри, що вказує на те, що мультимножинна таблична алгебра не є більш ширшим формалізмом.

- [1] Редько В.Н., Брона Ю.Й., Буй Д.Б., Поляков С.А. Реляційні бази даних: табличні алгебри та SQL-подібні мови. Київ: Видавничий дім "Академперіодика". (2001). 198 с.
- [2] Буй Д.Б., Глушко І.М. Числення на розширення сигнатур табличних алгебр. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. (2016). 151 с.
- [3] Glushko I. About relationship between table algebra of infinite tables and multiset table algebra. 11th International Conference of Programming. Proceedings. (2018). P.159-163. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ceur-ws.org/Vol-2139/159-163.pdf>

THE QUESTION ABOUT THE CLOSURE OF TABLE ALGEBRAS

I. Lysenko

*Nizhyn Mykola Gogol State University
iryna.glushko@ndu.edu.ua*

This paper continues the researches devoted to the actual problem of the development of the theoretical basis of the table databases. The question about the relationship between table algebra of infinite tables and multiset table algebra is considered. Applying the theorem-plural and logical-algebraic methods found that table algebra of infinite tables does not form subalgebra of multiset table algebra since it is not closed with respect to union, projection and active complement. Thus, multiset table algebra is not a wider formalism then table algebra of infinite tables.

АПРОКСИМАЦІЙНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ВІДНОСНОЇ КІЛЬКОСТІ ЦЕНТРІВ СВІТІННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ МОНОКРИСТАЛІВ ПРИ ЗМІНІ УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Т. Прокоф'єв, О. Іванченко, В. Гнатушенко,
А. Білоус, В. Бережний**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
t104barmalei@yahoo.com*

Основними цілями люмінесцентного аналізу монокристалів є виявлення зміни інтенсивності та форми спектрів люмінесценції при зміні параметрів експерименту. Оскільки інтенсивність і площа під кривою люмінесценції пропорційна кількості центрів світіння, дані зміни дозволяють отримувати інформацію про кількісні зміни таких центрів при зміні умов експерименту. Як правило, експериментальний спектр люмінесценції неоднорідний і обумовлений випромінюванням центрів світіння декількох типів, що перебувають у різних місцях кристалічної решітки, з різним локальним оточенням, які утворюють кілька індивідуальних смуг люмінесценції, що перекриваються між собою. Тому для виділення кількісних змін для кожного конкретного типу центрів світіння необхідно провести розкладання експериментального спектра на індивідуальні складові й простежити за зміною кожної з них залежно від зміни умов експерименту. Вважаючи, що центри світіння, що відповідають одній зі смуг випромінювання слабо різняться між собою і їх розподіл усередині даної групи відповідає нормальному, використовуємо даний закон для опису форми кожної індивідуальної смуги:

$$y_i = y_0 + A_i \exp \left[\frac{-(\lambda - \lambda_{i\max})^2}{2w_i^2} \right], \quad (1)$$

де y_0 – рівень нуля, $\lambda_{i\max}$ – заздалегідь відома координата відповідного максимуму індивідуальної смуги, w_i – ширина піка на рівні половини амплітуди максимуму, A_i – амплітуда максимуму.

При цьому

$$A_i = \frac{a_i}{\sqrt{2\pi}w_i}, \quad (2)$$

де a_i – коефіцієнт пропорційності між функцією щільності ймовірності нормального розподілу і відповідною функцією, що описує зміну інтенсивності випромінювання індивідуальної смуги від довжини хвилі.

Враховуючи, що при аналізі спектрів люмінесценції значення y_0 характеризує шум і ніякої корисної інформації не несе, можемо в (1) прийняти $y_0 = 0$. У результаті для опису експериментального спектра люмінесценції отримуємо рівняння виду:

$$I(\lambda_j) = \sum_i A_i \exp \left[\frac{-(\lambda_j - \lambda_{i\max})^2}{2w_i^2} \right] + \Delta A(\lambda_j), \quad (3)$$

де $I(\lambda_j)$ – значення інтенсивності випромінювання загального, експериментального спектра люмінесценції в точках виміру λ_j , A_i – амплітуди, w_i – півширини, $\lambda_{i \max}$ – абсциси максимумів спектрів індивідуальних смуг, $\Delta A(\lambda_j)$ – деяка функція, що характеризує наскільки велике відхилення суми функцій індивідуальних смуг випромінювання від значень експериментального спектра люмінесценції в кожній експериментальній точці.

Таким чином, завдання розкладання експериментального спектра люмінесценції на індивідуальні складові зводиться до знаходження функцій

$$y_i(\lambda_j) = A_i \exp \left[\frac{-(\lambda - \lambda_{i \max})^2}{2w_i^2} \right] \text{ при мінімальних значеннях } \Delta A(\lambda_j). \text{ Дане завдання}$$

може бути вирішено за допомогою одного з математичних методів мінімізації, наприклад, за допомогою методу найменших квадратів [1, 2]. Суть його полягає в мінімізації спеціальної цільової функції, яка при безпосередньому використанні оригінальних позначень має вигляд:

$$\Phi(A_i, w_i) = \sum_i \sum_j [I_j(\lambda_j) - y_i(\lambda_j)]^2 = \min, \quad (4)$$

де i – індекс, що характеризує число індивідуальних смуг, j – індекс, що характеризує число експериментальних точок загального експериментального спектра люмінесценції.

Практична реалізація розв'язку даного завдання була здійснена програмним шляхом, який при використанні знайдених з (4) значень w_i , A_i і відомих положень максимумів індивідуальних смуг – $\lambda_{i \max}$, дозволяє обчислити значення функцій $y_i(\lambda)$ і

$$S_i = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} y_i(\lambda) d\lambda \text{ пропорційні кількості центрів світіння певного типу.}$$

[1] Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений: пер. с англ. Москва: Мир. (1980). 280 с.

[2] Бард Й. Нелинейное оценивание параметров. Москва: Статистика. (1979). 349 с.

APPROXIMATION METHOD OF DETERMINING THE CHANGE OF THE RELATIVE NUMBER OF LUMINESCENCE CENTERS OF SINGLE CRYSTALS WITH CHANGING EXPERIMENTAL CONDITIONS

T. Prokofyev, A. Ivanchenko, V. Gnatushenko,

A. Bilous, V. Beregnoy

Oles Honchar Dnipro National University

t104barmalei@yahoo.com

An approximation method of decomposing an integrated luminescence spectra into individual components has been developed. Using of this method allows to programmatically determine the parameters necessary for constructing the luminescence spectra of individual bands. Ultimately, the analysis of changes in these spectra allows to follow the quantitative changes of the glow centers with changing experimental conditions.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

О. Андріянов, Л. Зіновчук

*Одеський національний політехнічний університет
alva14nn@gmail.com, zinovchuk1488@gmail.com*

Ні для кого не є таємницею, що в індустрії веб-розробки все змінюється блискавично швидко. Якщо ви стежите за новими тенденціями, то ви, швидше за все, були свідком зростання і падіння численних технологій. Однак тренди веб-розробки в 2019 році - це ті майданчики, інструменти, і елементи, які мають найбільший потенціал, популярність і перспективи зростання. Нижче представлений перелік тенденцій розвитку в веб-технологіях.

Штучний інтелект

Штучний інтелект — розділ інформатики, що займається формалізацією задач, які нагадують задачі, виконувані людиною. При цьому в більшості випадків наперед невідомий алгоритм розв'язання задачі. Це штучна система, яка імітує рішення людиною складних завдань в процесі його життєдіяльності. Створення штучних систем, які б реалізовували ці функції і є головним завданням проблематики штучного інтелекту. Однією з програм штучного інтелекту є чат-бот.

JavaScript

JavaScript — безумовно, найпопулярніша технологія, яка використовується розробниками повного стека. За останній рік ми побачили зростання TypeScript. Це статично типізована мова, яка компілюється в JavaScript. Таким чином, ви можете використовувати існуючий код JavaScript, включити свої JS-бібліотеки і викликати код TypeScript з JavaScript. TypeScript — це надбудова над JavaScript, яка покликана поліпшити якість і зрозумілість коду. Крім того, TypeScript полегшує процес розробки, вказуючи на помилки прямо в процесі введення тексту програми.

Технологія WebAssembly набула великої популярності за останні декілька років, вона націлена на спрощення розробки на будь-якій мові. Вона дає змогу код, що написаний на інших мовах перетворити в JavaScript [1]. Оскільки WebAssembly розробка порівняно молода, а JavaScript розвивається семимильними кроками, то за її розвитком варто спостерігати, тому що у майбутньому вона може дійсно суттєво вплинути на розвиток останньої [2].

Статистичний генератор сайтів

Статичні генератори сайтів — відмінний спосіб створити веб-сайти. Вам не потрібна база даних, замість цього ваші веб-сторінки — це прості файли, які запускаються на ваших серверах. Завдяки цьому з'являються переваги при завантаженні веб-сайтів, поліпшена безпека і простота розгортання. Насправді у CMS і генераторів статичних ресурсів багато спільного. Є набір даних з контентом (шматки тексту з особливою розміткою і метаданими) і шаблони, що описують верстку. Движок підставляє дані в шаблон, отримуючи на виході html-сторінку, яка і буде в підсумку завантажена в браузер відвідувача. Контент може зберігатися в базі даних або в окремих текстових файлах, буде використовуватися розмітка markdown або BBCode - не це головне [3].

Motion UI

Motion UI - це власна бібліотека SASS від ZURB, яка не пропонує нічого, крім налаштування переходів і анімацій для сайту. Всі ці ефекти вбудовані безпосередньо в Motion UI, і це допомагає зробити процес анімації простим і ефективним за часом. Повна розбивка всього, що включено, виглядає наступним чином:

Переходи. Вони допомагають процесу переходу компонентів, які надходять як на сайт, так і поза ним. Вони можуть використовуватися у великому асортименті речей.

Анімація. Motion UI обробляє анімацію, тут можна використовувати ті ж самі ефекти, що і для переходів. І, як правило, всі анімації, що використовуються в інтерфейсі Motion.

Серійні анімації. Motion також дозволяє анімувати декілька елементів одночасно у створеному порядку.

Анімація і переходи дозволяють розробникам візуалізувати зміни і модернізувати контент. Динамічний дизайн покращує веб-сайти, а також робить їх більш привабливими і зрозумілими для сприйняття. Можна самостійно анімувати різні елементи сторінки або ж скористатися Motion UI. Це бібліотека для створення плавних переходів і анімацій на SASS, що вийшла з сімейства Foundation.

Нова версія Motion UI працює через гнучкі шаблони CSS з усіма типами бібліотек JavaScript і забезпечує безшовну інтеграцію анімацій в веб-сайти. Анімація і переходи дозволяють розробникам візуалізувати зміни і модернізувати контент. Динамічний дизайн покращує веб-сайти, а також робить їх більш привабливими і зрозумілими для сприйняття. Можна самостійно анімувати різні елементи сторінки або ж скористатися Motion UI. Це бібліотека для створення плавних переходів і анімацій на Sass, що вийшла з сімейства Foundation [1].

Наступне покоління Angular JS

Angular.js став приголомшливою комбінацією низького порогу входження і багатого набору функцій. AngularJS наділений величезною кількістю інструментів полегшують життя програмісту. В арсенал інструментів AngularJS входять: фільтри, директиви, двостороння прив'язка даних і багато іншого. AngularJS спочатку спроектований для створення односторінкових веб додатків. Таким чином браузер спочатку відкриє тільки одну сторінку і додатковий контент буде завантажуватися в міру необхідності. При такому підході економиться трафік і зменшується навантаження на сервер. AngularJS дозволяє скоротити час розробки додатків. Очікується, що він буде також регулярно оновлюватися і поліпшуватися, причому кожне істотне оновлення обіцяно кожні шість місяців, тому він пропонує розробникам, які використовують його неминущі можливості на передовій технології створення веб-сайтів [3].

[1] Тренди для веб-розробки в 2019 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://st-lt.ru/blog/useful/tendenczii-razvitiya-veb-texnologij-v-2016-godu.html>

[2] Тенденции развития веб-технологий [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://st-lt.ru/blog/useful/tendenczii-razvitiya-veb-texnologij-v-2016-godu.html>

[3] Новости, тенденции и тренды веб-разработки в 2018 году [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.motocms.com/blog/ru/trendy-web-razrabotki/>

TRENDS OF DEVELOPMENT OF WEB TECHNOLOGIES

A. Andriianov, L. Zinovchuk

Odessa National Polytechnic University

alva14nn@gmail.com, zinovchuk1488@gmail.com

In the modern world, people began to use computers, smartphones and various gadgets more and more, and it became a big impetus for the development of information and web technologies. The use of artificial intelligence to create websites and applications is becoming increasingly popular, as modern users seek to get the information they need as quickly and easily as possible.

ЕФЕКТИВНІСТЬ АЛГОРИТМУ РАППЕРТА ДЛЯ ТРІАНГУЛЯЦІЇ ПОЛІГОНІВ

І. Косенко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kirangel1103@gmail.com*

В наш час в обчислювальній геометрії та комп'ютерній графіці для моделювання просторових даних використовуються растрові і тріангуляційні моделі даних. З причини своєї простоти частіше для подання величезних масивів даних використовують растрові моделі. Тріангуляційні моделі через свою відносну складність використовують на обмежених ділянках місцевості.

Дуже важливим є завдання візуалізації геометричних даних, заснованих на тріангуляційних моделях. Таке завдання виникає в геоінформаційних системах, системах автоматизованого проектування, графічних редакторах, авіасимуляторах, комп'ютерних іграх. Для точного зображення поверхонь потрібні моделі, що містять велику кількість каркасних елементів (трикутників).

Тріангуляція – це розбивання геометричного об'єкта на симплекси [1]. У двовірному просторі це розбиття на трикутники, звідси і назва. Тріангуляція у тривірному просторі полягає у розбиванні на тетраедри («піраміди», різних форм та розмірів), що лежать один до одного. Тріангуляція використовується в відомих програмних пакетах COMSOL, AUTOCAD, CST Microwave studio та інших, які широко використовують сіткові методи для чисельного рішення задач фізики.

Метою даної роботи є створення програми для тріангуляції полігонів за алгоритмом Рапперта. Така програма може бути використана для візуалізації геометричних даних, заснованих на тріангуляційних моделях. В рамках цієї роботи було проведено аналіз існуючих алгоритмів тріангуляції, а також їх програмних реалізацій. Аналіз показав, що у відкритому доступі немає додатків, які б реалізовували алгоритм Рапперта, тому наукова новизна полягає в розробці подібного додатку.

Програма створена засобами C#. Середовищем для її використання є ігровий рушій Unity. Програма реалізує алгоритм побудови первинного розбиття та алгоритм Рапперта. Точніше кажучи, алгоритм Рапперта не є алгоритмом генерації, а лиш алгоритмом покращення якості сітки, тому іноді його ще називають «алгоритм покращення Рапперта». У контексті цієї роботи вхідними даними для нього будуть геометрія конструкції у вигляді замкненого полігона, та первинне розбиття конструкції на трикутники. Для отримання первинного розбиття при реалізації алгоритма генерації сітки використовується модифікований алгоритм step-by-step, з використанням у якості точок вершин полігона вхідної геометрії. Для спрощення опису алгоритму, будемо вважати що первинне розбиття вже створене.

Потім застосовується алгоритм Рапперта. Проводиться пошук включеної точки перебором всіх точок і сегментів. Якщо така точка знайдена то над сегментом, який включає її виконується процедура розподілу сегмента навпіл і проводиться повернення на крок 1. Якщо включених точок не було знайдено, то алгоритм переходить на наступний крок. Далі проводиться пошук трикутника з мінімальним кутом. Якщо мінімальний кут менше заданого параметра, то над трикутником, що його містить проводиться процедура розподілу та проводиться повернення на крок 1. В іншому випадку відбувається перехід на наступний крок де проводиться пошук трикутника з максимальною площею. Якщо максимальна площа більше заданого параметра, то над таким трикутником проводиться процедура розподілу та проводиться повернення на крок 1. В іншому випадку відбувається перехід на наступний крок. Всі умови задоволені. Кінець роботи алгоритму.

Розроблене програмне забезпечення підтримує два типи вводу даних – зчитування сканером з текстових файлів у компоненті «Пресети», та ввід даних користувачем за допомогою миші у компоненті «Демо режим». Крім того, компонент «Менеджер пресетів» також зчитує дані з файлів, та має можливість отримувати дані від користувача використовуючи такий же інтерфейс як у «Демо режимі».

Оскільки розробки подібного характеру часто використовують для триангуляції географічних площин (контури країн, морів, океанів, та ін.), додаток підтримує конвертацію з формату GeoJSON у формат зрозумілий для програми.

Вихідними даними у застосунку є кінцева сітка триангуляції, а саме 2D об'єкт (рис. 1), який демонструє роботу алгоритма, та придатен для подальшого використання програмістами. Крім того, програма зберігає сітку у файл формату poly.

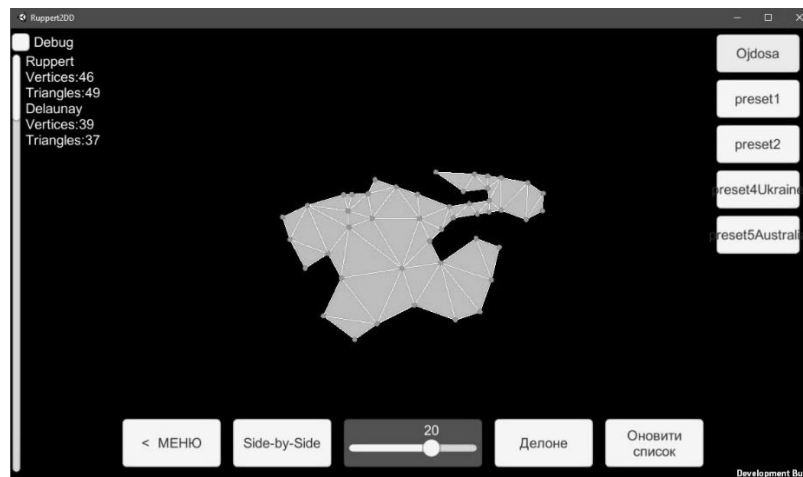


Рис. 1. Вигляд вікна програми на заключному етапі виконання при триангуляції полігона.

Праворуч у цьому меню знаходиться список доступних пресетів, який можна оновити за допомогою кнопки «Оновити список». Пресети програма отримує з папки «Presets» у папці з додатком. Знизу посередині знаходиться слайдер, що дозволяє користувачеві обрати мінімальний кут триангуляцій, праворуч від нього знаходиться кнопка, що переключає вид з триангуляції за алгоритмом Рапперта, на триангуляцію Делоне, і навпаки. Така опція допомагає порівняти відмінності у триангуляціях. Кнопка праворуч від слайдера «Side-by-side», вмикає режим, у котрому обидві триангуляції розміщуються поруч. Ліворуч знаходиться перемикач «Debug», що вмикає вивід додаткової інформації, такої як центр триангуляції. Під перемикачем знаходиться текстове поле, що виводить загальну інформацію про триангуляції.

- [1] Скворцов А. В. Алгоритмы построения и анализа триангуляции / А. В. Скворцов, Н. С. Мирза. — Томск : Изд-во Том. ун-та. (2010). 168 с.

THE EFFECTIVENESS OF THE RAPPERT ALGORITHM FOR POLYGON TRIANGULATION

I. Kosenko

*Oles Honchar Dnipro National University
kirangel1103@gmail.com*

Software for measuring of the length and area of objects in satellite photographs is described. Program was created by means of the language C#. The software environment for its use is Unity.

МЕТОД ЕМПІРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИКИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

М. Горбійчук, О. Біла

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
gorb@nung.edu.ua*

При вирішенні цілого ряду задач в області буріння, видобутку нафти і газу, транспортування газу магістральними трубопроводами та ін. приходиться мати справу з тим, що технологічні параметри вимірюються з певними похибками, на об'єкти діють численні завади. Все це спричиняє необхідність розглядати технологічні параметри як нечіткі величини, які зручно характеризувати трикутною функцією належності [1].

Для врахування фактору нечіткості, при математичному описі об'єктів, необхідно над нечіткими величинами виконувати певні арифметичні операції. Процес виконання арифметичних операцій (додавання, віднімання, множення і ділення) стає можливим, якщо нечіткі числа визначити як числа $(L - R)$ -типу.

Для характеристики нечіткості технологічних параметрів зручно використовувати трикутну функцію належності, яка симетрична відносно свого модального значення a_x . Трикутна функція належності є функцією $(L - R)$ -типу, але вона є незручною для практичного використання, оскільки така функція недиференційована в деяких точках із області визначення.

Тому трикутну функцію належності будемо апроксимувати гаусовою функцією

$$\mu_G(x) = \exp\left(-\frac{(x - a_x)^2}{2\alpha^2}\right), \quad (1)$$

де α - коефіцієнт концентрації нечіткої величини x .

Оскільки трикутна функція і гаусова функція (2) на кожному із інтервалів визначення - $x \in [a_x - \Delta/2; a_x]$ і $x \in [a_x; a_x + \Delta/2]$ (Δ - інтервал невизначеності нечіткої величини x) монотонні, то при апроксимації вони матимуть не більше двох спільних точок. Перша із них визначається значенням a_x , а друга буде мати місце, коли $x = x_a$.

Виходячи умови, що при $x = x_a$ має місце співвідношення $\mu(x_a) = \mu_G(x_a) = \theta$, де $\mu(x_a)$ - значення трикутної функції належності; θ - параметр апроксимації, отримали таке співвідношення:

$$x_a = \frac{(1 - \theta)\Delta}{2}. \quad (2)$$

З врахуванням значення x_a , яке визначене формулою (2), і умови $\mu_G(x_a) = \theta$, будемо мати

$$\alpha^2 = -\frac{(1 - \theta)^2 \Delta^2}{8 \ln \theta}, \quad (3)$$

де $0 < \theta < 1$.

Оскільки Δ апіорі відома величина, то точність апроксимації трикутної функції функцією (1) буде залежати від значення ординати θ , яку визначимо із умови

$$E(\theta) = \sum_{i=1}^n \left(\mu(x_i) - \exp\left(\frac{4x_i^2 \ln \theta}{(1 - \theta)^2 \Delta^2}\right) \right)^2, \quad (4)$$

де $x_i \in [0; \Delta/(2iT)]$; T – крок дискретності; n – кількість ординат функції $\mu(x)$ на відрізку $x \in [0; \Delta/2]$.

Функція (4) – нелінійна і значення θ , яке мінімізує (4), знайдено числовим методом. Показано, що θ майже не залежить від ширини інтервалу Δ і $\theta = 0,52$. Відмітимо, що у роботі [1] без обґрунтування на основі інтуїтивних міркувань, було вибране значення $\theta = 0,5$.

Допускаємо, що на об'єкт діють зовнішні перешкоди, які не піддаються вимірюванню. Статистичні характеристики перешкод невідомі. У такій ситуації природно допустити, що вхідні величини є нечіткими числами з трикутними функціями належності, які апроксимуємо гаусовими функціями.

Отже, розглядається така модель об'єкта:

$$y(\bar{x}) = \sum_{i=0}^{N-1} c_i \prod_{j=1}^m x_j^{\phi_{ij}}, \quad (5)$$

де $\sum_{j=1}^m \phi_{ij} \leq r$; r – степінь полінома (11); m – кількість змінних.

Правила виконання арифметичних операцій над нечіткими числами [2], адаптовані для випадку гаусових функцій належності (1).

Спираючись на результати роботи [3] отримана модель, яка описує статику технічних систем в умовах невизначеності

$$y = \sum_{i=0}^{N-1} c_i \left(\prod_{j=1}^m a_{x,j}^{\phi_{ij}} + A_\gamma \sum_{j=1}^m \phi_{ij} a_{x,j}^{\phi_{ij}-1} \Delta_j \prod_{k=1, k \neq j}^m a_{x,k}^{\phi_{ik}} \right). \quad (6)$$

де $A_\gamma = \frac{1}{2}(1-\theta) \sqrt{\frac{\ln \gamma}{\ln \theta}}$; γ – зріз функції належності нечіткої величини y .

Отже, отримана емпірична модель, яка є лінійною відносно своїх параметрів c_i . Для знаходження параметрів c_i моделі (6) був використаний метод, який ґрунтується на теорії генетичних алгоритмів [3].

- [1] Горбійчук М. І., Скріпка О. А., Пашковський Б. В. Оптимальний розподіл кількості газоперекачувальних агрегатів в умовах невизначеності при заданих обсягах на перекачку природного газу. *East European Scientific Journal*. (2016). Vol. 2, No. 3 (7). P. 53 – 58.
- [2] Раскин Л. Г., Серая О. В. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения: монография. Харьков: Парус. (2008). 352 с.
- [3] Gorbiychuk Mikhail I., Humenyuk_Taras V. Synthesis Method of Empirical Models Optimal by Complexity under Uncertainty Conditions. *Journal of Automation and Information Sciences*. vol. 48, is. 9. P. 64 -74.

METHOD OF EMPIRICAL SIMULATION OF TECHNICAL SYSTEM STATIC'S UNDER UNCERTAINTY

M. Gorbiychuk, O. Bila

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

A method of construction of empirical polynomial models using the theory of genetic algorithms for the case when the input values of the models are treated as fuzzy numbers is developed. The algorithm and software of the problem have been developed and their working ability and efficiency are demonstrated on a specific example.

DEVELOPMENT OF COMPUTER SYSTEM FOR ADAPTIVE KNOWLEDGE TESTING IN HUMANITARIAN DISCIPLINES

N. Borysova¹, K. Melnyk¹, V. Melnyk²

¹*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*
borysova.n.v@gmail.com

²*Kharkiv general education school № 145*
v13121423@gmail.com

Considering the opportunities offered to the education system by the current level of development of information technology and computer techniques there is no doubt the need for implementation them as much as possible, particularly in the form of computer systems for students' and schoolchildren's knowledge testing. Such systems are already widely used for knowledge testing in the natural and technical disciplines, which cannot be said for knowledge testing in the humanitarian disciplines. This is due to the specificity of the material and the teaching of the humanitarian disciplines, and the fact that specific forms of knowledge control are used in these disciplines such as essay, narration, etc., that are not typical for other disciplines and require free thoughts expression. It cannot be said that computer testing of knowledge in the humanitarian disciplines is not carried out at all. The analysis of publications and researches showed that either ready-made test programs or researchers' own projects were used for this purpose. But in both cases, a limited number of questions types are used, mostly closed ones such as to choose the right answer from the several suggested ones, to agree or not with the statement, to find the matches, etc. If, for example, such questions types are used where the missing words are to be inserted as an answer, then the correctness of the answer is checked by comparing it to the exact match of the teacher's answer without taking into account possible synonyms, paraphrases, etc. Thus, the identified disadvantages of the existing approaches to computer testing of knowledge in the humanitarian disciplines have determined the direction and purpose of our research, which resulted in a computer information system for the adaptive testing of 7-11 grades schoolchildren's knowledge in the subjects "Foreign Literature" and "Arts". Let's consider developed information system's functionality in more detail way.

The information system can be operated by an administrator or a user. The administrator is a teacher who can add, correct and delete questions, set points for the right answers, manage users' profile, view the results of all users. The users are schoolchildren who study the disciplines and will be tested.

For the user, the information system can operate in two modes: traditional control mode and self-control mode. In traditional control mode, a user's knowledge in a discipline is tested using an adaptive test model, in self-control mode the user can also test their knowledge, but this mode is designed to train the system usage.

The questions for the tests are separated into four difficulty levels according to their type: 1 – easy (choose the right answer(s); agree or refute; find the matches); 2 – medium (insert missing words; formulate definitions; make a list; give an example); 3 – difficult (classify; characterize; compare; justify; conclude; determine the main opinion; describe); 4 – very difficult (create; optimize information in your own interpretation). The number of points will be given for the correct answer depends on the difficulty level. All questions are stored in the database.

The user must authorize to get started with the system. This procedure, first, eliminates the possibility of passing the test by another person, and secondly, gives the user access to only those tests that he can pass according to his profile. User information is stored in the database.

In traditional control mode, the user gets the first question of the first difficulty level. If

the user answers the previous question correctly, the next question will be more difficult, or will be of the same difficulty, if he answers incorrectly.

During passing the test, the user can return to the previous question and change their answer. Testing continues either until the test is complete, or the user can interrupt the test by clicking the appropriate button and confirming its validity. The validity confirming is using to prevent accidental clicking the stop testing button. However, in this case, the answers to the remained unanswered questions will be counted like incorrect. After the test is complete, the user can view: the test results as a list of questions with his or her chosen answers; with marks "correctly", "incorrectly", "points for the answer were unaccrued – contact the teacher"; with the correct answers and with the number of points received for answering each question. He can also see the received points; his assessment on the traditional twelve-point scale and recommendations for further training. The total number of points is calculated using the Rasch model [1]. The user has the opportunity to take this test two more times. In this case, he will get other questions from the database and the previous test results will be canceled. Test results are stored in the database.

In assessing the correctness of the answers to the first difficulty level questions, a comparison is made to the exact match of the answer given by the user with the correct answer stored in the database, due to the answers to these questions are unambiguous. In assessing the correctness of the answers to the second difficulty level questions, the type of question is taken into account: for the questions "make a list" – a comparison is made to the exact match of answer given by user with the correct answer stored in the database; for "insert missing words", "formulate definitions", "give an example" – a checking for the presence of keywords determined by the teacher when formulating the question answer, if keywords are absent, it is made a checking for their synonyms presence. Keywords and synonyms are stored in the database. In assessing the correctness of the answers to the third difficulty level questions, the neural network was used. It has been trained in the test collection of possible correct answers to the questions. Since the set of possible correct answers to a question can not be large at the beginning of use, which affects the performance of the network, it provides suggestions on the number of points for the answer to the question, but the final decision is made by the teacher. The test collection for the neural network training may be supplemented by the new answers given during the testing. The assessment of the correctness of the answers to the fourth difficulty level questions is carried out by the teacher, because the questions of this type belong to the creative level of cognition and automated assessment of the answers correctness is possible only if the intelligent methods of textual information processing are used.

In self-control mode, the user's knowledge of the discipline is also tested, but the adaptive model is not used. In this mode only questions of the first and second difficulty levels are used, questions are given in a random order, it is possible to use a hint (but points in this case will not be given); to check the correctness of the chosen answer immediately; to interrupt testing. At the end of the test, user can get the same results report as he would in traditional control mode.

Thus, the use of computer-based testing for knowledge assessment allows teachers to systematize and simplify the process of knowledge assessment, while increasing schoolchildren's motivation for learning and reducing their stress in the control process.

- [1] Borysova N.V., Melnyk K.V. Rasch model usage for testing results assessment. XXVII Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (MicroCAD-2019). Тези доповідей. Харків, 15-17 травня 2019). Ч. 1. За ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ "ХПІ". (2019). – С. 14.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗА СКЛАДНИХ УМОВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

С. Вовк

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vovk_s_m@ukr.net

Складні умови спостереження, які виникають за наявності шуму невідомої статистичної природи, потужних завад та/або раптових змін значень робочих параметрів, приводять до отримання суттєво спотворених й неповних даних про предмет дослідження. Такі умови значно утруднюють процеси побудови й верифікації його математичної моделі через ускладнення проблеми узгодження заданої моделі з отриманими даними. Останнє обумовлене тим, що за складних умов спостереження для ефективного узгодження моделі й даних необхідно, по-перше, визначити ті елементи отриманих даних, які відповідають заданій моделі з очікуваними значеннями її параметрів, та виключити з подальшого розгляду неправдоподібні значення, що залишилися, або ж значно послабити їхній вплив і, по-друге, встановити факт наявності або відсутності фрагментів даних, які відповідають шуканій моделі з іншими значеннями її параметрів. Якщо перша вимога може бути реалізована на основі робастного підходу [1], то друга вимога диктує необхідність пошуку певної множини основних локальних мінімумів на противагу традиційній парадигмі теорії оптимізації, яка полягає у пошуку тільки глобального мінімуму цільової функції [2]. При цьому поняття основного локального мінімуму підлягає конструктивному визначенню на основі властивостей розв'язуваної задачі та її обмежень. У цілому, ці вимоги відповідають загальній проблемі налаштування методів моделювання на поточні умови спостереження.

Розв'язання проблеми налаштування методів моделювання на поточні умови спостереження з метою ефективного узгодження заданої моделі й отриманих даних може бути засноване на критерії мінімуму протяжності [3]. Вважаючи далі для простоти викладення матеріалу, що є заданою одновимірною параметричною моделлю $s(x; \theta)$, яка на різних частинах інтервалу спостереження X відповідає отриманим даним $g(x)$ зі своїм «індивідуальним» значенням параметра θ , задачу узгодження моделі й даних можна сформулювати у вигляді задачі мультимодальної оптимізації:

$$\{\hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_M\} = \arg \min_{\theta} E^{(\alpha, \beta, q)}[g(x) - s(x; \theta)], \quad x \in X, \quad (1)$$

де

$$E^{(\alpha, \beta, q)}[f(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_s^{(\alpha, \beta, q)}[f(x)] dx, \quad (2)$$

$$\psi_s^{(\alpha, \beta, q)}(x) = k_s^{(\alpha, \beta, q)}[(1 + |x / \alpha|^q)^{\beta/q} - 1], \quad (3)$$

та де $\{\hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_M\}$ є множина оцінок θ , для якої величина M є заздалегідь невідомою, а також де $0 < \alpha < \infty$, $0 < q < \infty$, $-\infty < \beta \leq 1$ й $\beta < q$, $k_s^{(\alpha, \beta, q)} = 1/[(1 + |x_0 / \alpha|^q)^{\beta/q} - 1]$, x_0 – точка нормування (3) на одиницю, тобто $\psi_s^{(\alpha, \beta, q)}(x_0) = 1$. Згідно з (1), запропонована постановка задачі полягає в пошуку місць розташування локальних мінімумів функціонала квазіпротяжності (2) уздовж осі θ , включаючи пошук їх кількості M .

У доповіді наголошено, що за умов вірного вибору значень вільних параметрів α , β , q та достатніх за протяжністю інтервалів спостереження індивідуальних значень невідомого параметра θ функціонал квазіпротяжності $E^{(\alpha, \beta, q)}$ забезпечує одночасно як локалізацію цих значень, так і ефективне згладжування шуму. При цьому існує можливість апіорного або апостеріорного вибору допустимої області аргументу цільової функції й відбору на ній основних локальних мінімумів. Як приклад, на рис. 1 наведена ілюстрація до процесу побудови моделі синусоїдального сигналу $s(x; A) = Af(x)$ в умовах наявності імпульсного шуму й раптової зміни амплітуди сигналу зі значення $A=1$ на значення $A=2$ посередині інтервалу спостереження. Видно (рис. 1в), що отримані мінімуми цільової функції досить точно вказують на ці значення.

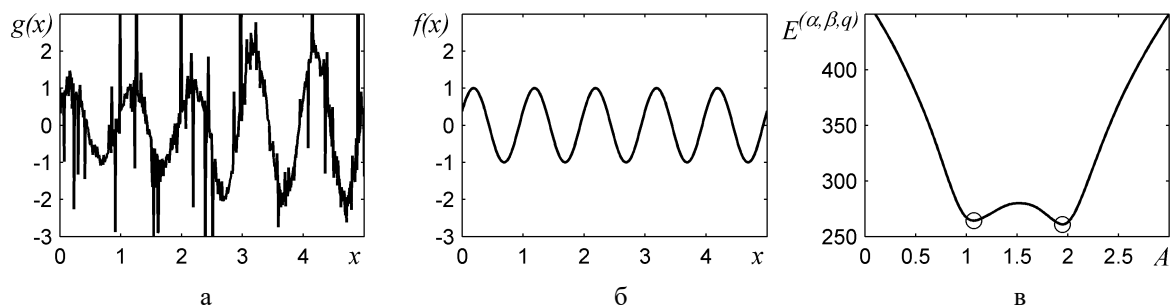


Рис. 1 – Моделювання синусоїдального сигналу з невідомою амплітудою: а – вхідна залежність; б – форма моделі сигналу; в – цільова функція; знайдені мінімуми позначені кружками.

Розв'язання низки одновимірних задач моделювання з одним лінійним та з одним нелінійним параметром, а також багатовимірних задач із декількома лінійними параметрами підтвердило ефективність застосування запропонованого підходу за складних умов спостереження, що призводять до суттєвих спотворень даних.

- [1] Huber P., Ronchetti E.M. Robust statistics. 2nd ed. Hoboken: Wiley. (2009). 370 p.
- [2] Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука. (1988). 552 с.
- [3] Вовк С.М. Критерій мінімуму протяжності. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 1 (2019). С. 19 – 25.

MATHEMATICAL MODELING UNDER COMPLICATED OBSERVATION CONDITIONS

S. Vovk

*Oles Honchar Dnipro National University
vovk_s_m@ukr.net*

The problem of data modeling under complicated observation conditions is discussed. To solve this problem, it is proposed to use the minimum-extent criterion. The proposed approach consists in the search of main local minima in an admissible region of objective function argument. Numerical simulations confirmed the performance of proposed approach.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ВІРТУАЛЬНОГО РУХУ

Д. Янченко

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
diyanchen730@gmail.com

З розвитком графіки з'являється великий клас задач, де може бути застосоване Морфірованіє об'єктів за вимогами розробника моделі. Тут і сфера мультиплікації, і онлайн-додатки з тривимірною візуалізацією, і ігрова індустрія. Наприклад, сучасна індустрія комп'ютерних ігор і мультиплікації висуває високі вимоги до реалістичності уявлення середовища, індивідуалізації та деталізації мультиплікаційних персонажів. Щоб реалізувати ці вимоги необхідно виконати великий обсяг робіт, який в свою чергу потребують значних витрат ресурсів, що призведе до зниження конкурентоспроможності продукту і рентабельності проекту.

Морфінг - це плавне перетворення зображення одних об'єктів в інші. Одним із завдань, де успішно застосовується морфінг об'єкта, є створення ігрових персонажів з різними зовнішніми даними. Для цього розробнику оптимально буде працювати з базовим тілом, або як його ще називають в професійному середовищі - «примітивом». Ставлячи параметри для морфінгу, розробник отримає на виході ряд унікальних за зовнішніми даними однотипних об'єктів, наприклад, ігрових персонажів, і не витратить значно менше часових ресурсів. Ще один приклад завдання, де успішно застосовується морфінг об'єкта. Це, так звані, «3D - примірочки». Суть роботи програми полягає в тому, що користувач, маючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, вводить параметри свого тіла, тим самим редагуючи базовий об'єкт під індивідуальні параметри, а після приміряє на нього тривимірні заготовки одягу, надані відомими торговими марками. Додаток дозволяє оцінити зовнішній вигляд виробу безпосередньо на тілі користувача, а також підібрати відповідний розмір. Використання такого додатка на сайті виробника підвищує онлайн-продажу і значно мінімізує ризики з повернення товару.

Актуальність дослідження у контексті даної роботи зумовлена застарілістю програмних засобів, що не відповідають сучасним потребам. Зараз існує велика кількість програм, які виконують окремі функції процесу, але єдиної системи, яка охоплювала багато варіантів морфінгу, донедавна не існувало. Метою дослідження є розробка та реалізації системи геометричних перетворень зображень на основі заданих областей відповідності і колірних складових.

Була поставлена задача створення програми, що реалізує інтерфейс за завданням вхідних даних для перетворення зображень і виконує необхідні обчислення з подальшим записом результату в анімаційний файл. Розроблено алгоритми завдання областей однозначних відповідностей зон перетворень, алгоритм обчислень warping і morphing.

Проект можна розділити на наступні частини: система зберігання і обробки зображень, підсистема установки геометричних зон відповідностей, математичний апарат обчислень перетворень, підсистема анімації з можливістю побудови вихідних анімаційних файлів, графічний інтерфейс з користувачем з можливістю редагування вхідних даних і управлінням всіх частин проекту. Так як основою програми є растрове зображення, була створена підсистема зберігання і обробки растрових зображень в оперативній пам'яті. Основна ідея полягає в поданні всіх 4-х шарів картини (червоний, зелений, синій відтінок та так званий альфа-канал) об'єднаних в єдине 4-й байтове

уявлення. Для оперативного доступу до окремих точках розроблена система індексації рядків картинки.

Для обробки зображень розроблена система зберігання зон відповідностей у вигляді сітки чотирикутників. Мережа являє собою сукупність лінійного масиву координат, які зберігаються у вигляді раціональних чисел від 0 до 1.[1]

Одна з головних завдань всього проекту - модуляція переходу одного зображення в інше (morphing). Для виконання поставленого завдання було реалізовано алгоритм "warping"[2], що перетворює картинку за допомогою геометричних білінійних перетворень, а так само альтернативні перетворення - афінні і перспективні. Також для проекту розробляється система створення анімації побудови геометричного перетворення зображення. Програма багатопоточн створює ланцюг зображень в стислому вигляді і при завершенні перетворень викликає процес консольної програми ffmpeg, що кодує послідовність зображень в анімаційний файл. У програмі доступні формати таких анімаційних файлів, як *.mkv і *.avi. Був розроблений метод захоплення консольного виведення за допомогою іменованих каналів і синтаксичний розбір записів стандартного вихідного потоку і потоку помилок консолі ffmpeg для відстеження стану записи анімації і висновок цього стану в діалогове вікно в індикатор стану.

Отже програмі реалізуються і оптимізуються різні алгоритми білінійних і афінних перетворень. Ця програма може бути задіяна при редагуванні зображень, створення фільмів і інших анімацій. Проект реалізований на мові C++ з використанням Windows API.[3]

Оскільки світ, включаючи розвиток графіки у різних сферах, весь час розвивається і модернізується, усі компанії переходять до автономності та поліпшенню своїх продуктів. Проте процес морфінгу є ще куди поліпшувати. Саме тому розроблене програмне забезпечення має потенціал. Завдяки їй можливо задовольнити існуючі потреби широкого кола користувачів.

- [1] Рафаел С. Гонсалес, Річард Е. Вудс. «Цифрова обробка зображень. Серія: світ цифрової обробки». Третє видання.
- [2] В.Яншін. «Аналіз і обробка зображень: принципи та алгоритми».
- [3] Саймон Р. «Microsoft Windows API. Довідник системного програміста », 2004

THE RESEARCH ON THE METHODS OF FORMING THE IMAGES OF VIRTUAL MOVEMENT

D. Yanchenko

*Oles Honchar Dnipro National University
diyanchen730@gmail.com*

The research on the methods of forming the image of virtual movement was carried out. The algorithm "warping" aimed at the image transformation with the geometrical bilinear transformation or the alternatives such as affine and perspective transformations was implemented. Also, the system of the animation creation of the geometrical image transformation is being developed for the project. For image processing, a system for storage of correspondence zones in the form of a grid of quadrangles was developed.

The program can be used for the image editing, film creation and other animation development.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КУЛЬТУРНИХ ЦІННОСТЕЙ

А. Мартиненко, Б. Мороз, І. Гуліна

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
martynenko.andrey.a@gmail.com*

Вступ. Сучасні інформаційні технології та глобальна комп'ютеризація суспільства міцно увійшли у всі сфери людства. Також вони надали можливість вирішити ряд складних і трудомістких завдань більш ефективно, ніж це було до появи глобальної мережі Internet з її великими обсягами інформації. Наприклад, для рішення задач пошуку ідентифікації та аналізу об'єктів все більшої популярності набули експертні системи (ЕС) та інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (ІСППР). Однією зі сфер застосування таких систем є завдання ідентифікації та аналізу, де в якості об'єктів виступають культурні цінності.

Культурні цінності (КЦ) - об'єкти матеріальної та духовної культури, що мають художнє, історичне, етнографічне та наукове значення і підлягають збереженню, відтворенню та охороні відповідно до законодавства України.[1]

Отже, культурними цінностями є різноманітні об'єкти різних форм, структур та матеріалів з такими характеристиками: тип (клас), матеріал, розмір, кількість одиниць, автор, рік створення, власник, особливі прикмети, тощо.

Ідентифікація, експертиза, митна експертиза та реєстрація культурних цінностей – це важливі ланки в системі обліку та контролю за збереженням пам'яток національної культури, їх переміщенням через митний кордон України, а також у сфері регулювання правовідносин розпорядництва, пов'язаними з ними майновими комплексами усіх форм власності. Експертна діяльність активно сприяє науковому вивченню культурних цінностей – артефактів національної історії, матеріальних носіїв ідеалів народу, а також специфічного товару на світовому ринку.[2]

Основний матеріал. Проведення ідентифікації культурних цінностей, як один з етапів експертизи – складна справа, що не піддається чітко зафіксованому формальному опису, а часто має евристичний характер і залежить від професійного рівня та професійної інтуїції експерта.

Важливим напрямком розвитку інформаційних технологій є розробка систем, призначених для підтримки процесів прийняття рішення. Конкретне застосування даних систем актуально під час вирішення широкого кола завдань, пов'язаних із культурними цінностями. До таких завдань належить пошук і збереження інформації про об'єкти матеріальної та духовної культури, що мають художнє, історичне, етнографічне та наукове значення, їх ідентифікація, оцінка й експертиза.

Враховуючи на велику різноманітність типів об'єктів КЦ і те що вони мають свою специфіку, слід зазначити, що для кваліфікованого визначення приналежності досліджуваного об'єкта до культурних та історичних цінностей необхідний фахівець-мистецтвознавець для кожного окремого виду цінностей, що неможливо. Одним з можливих варіантів вирішення цієї проблеми є створення інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей, яка б містила в собі не тільки базу даних з відмінною атрибутикою предметів мистецтва, але і могла б робити висновки про ступінь цінності досліджуваного об'єкта.

Наприклад, з огляду на велику розмаїтість типів виробів мистецтва і специфіку кожного типу для кваліфікованої експертизи необхідний фахівець-мистецтвознавець з

кожного виду цінностей, що в рамках спеціальних служб не є можливим. Велику практичну допомогу у вирішенні цієї проблеми надало б створення ІСППР ідентифікації культурних цінностей, яка б містила в собі не тільки базу даних та знань, але й могла б можливість робити висновки про ступінь культурної й історичної цінності досліджуваного об'єкта.[3]

Проведений аналіз робіт по даному напрямку дозволяє зробити висновок, що, незважаючи на великий розвиток та спроби проектування ЕС та СППР, на сьогоднішній день не існує остаточного та всебічного рішення проблеми ідентифікації КЦ за рахунок впровадження ІСППР. Слід зазначити, що були спроби рішення задач подібного типу але вони були вузьконаправлені та були вирішені лише частково. Наприклад, частина задач вирішувалась за допомогою використання теорії нечіткої множини, яка в свою чергу не може забезпечити встановленої якості через низку обмежень. На сьогодні не існує універсальної моделі побудови ІСППР.

Підвищення якості та ефективності рішення практичної задачі ідентифікації КЦ за рахунок використання ІСППР створених на базі сучасних методів, моделей, технологій та інструментів є актуальною практичною задачею.

За останній час вченими та дослідниками були запропоновані більш сучасні та ефективні методи та засоби ідентифікації об'єктів та побудови сучасних ІСППР. Також слід зазначити, що сучасні рішення дозволяють уникнути або зменшити ряд недоліків, які існували в попередніх рішеннях. За останні роки великої популярності набрало використання такого потужного інструменту як нейронні мережі (НМ). При чому використання НМ може бути застосовано для розпізнавання, ідентифікації об'єктів КЦ так і при побудові самої ІСППР.

Висновки. Дослідження та розробка методів і моделей організації та обробки даних і знань в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей є важливою та актуальною задачею.

- [1] Закон України "Про вивезення, ввезення та повернення культурних цінностей", режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/1068-14/>
- [2] Калашникова О.Л. «Ідентифікація та вартісна оцінка культурних цінностей: Навчальний посібник». – К.: Вища освіта, 2006. – 287 с
- [3] Ульяновська Юлія Вікторівна, «Моделі та методи обробки даних в єдиній автоматизованій інформаційній системі митної служби», автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології, Харків – 2005

AN INTELLECTUAL DECISION SUPPORT SYSTEM CULTURAL VALUES IDENTIFICATION

A. Martynenko, B. Moroz, I. Hulina

Dnipro University of Technology

The way of improving the quality and efficiency of solving the practical problem of identifying cultural values by using an intelligent decision support system created on the basis of modern methods, models, technologies and tools is proposed. The relevance of research and development of methods and models of organizing and processing the data and knowledge in the intellectual decision support system for cultural values identification is analyzed.

ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЙМВОРКУ Spring ТА МОВИ Java ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОБ'ЄКТІВ З НЕРЕЛЯЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ MongoDB

О. Гуртовий, Н. Матвєєва

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
a.hurtovoy@gmail.com*

При розробці програмного забезпечення завжди необхідно вирішувати задачу зберігання файлів та документів для їх легкого виймання, опрацювання та подальшого зберігання. Для цього існує декілька варіантів реалізації: використовувати файлообмінник, зберігати у власних базах даних тощо.

Одним із варіантів реалізації збереження файлів є використання нереляційних баз даних, оскільки вони розраховані саме на зберігання файлів у вигляді “ключ-значення”. Найбільш розповсюдженою не реляційною БД є MongoDB, яка у більшості випадків використовується для збереження документів, оскільки вона є документоорієнтованою і зберігає файли у JSON-подібному форматі. Для роботи з нею та файлами, які вона зберігає, реалізовано багато різних інструментів для універсальних мов програмування. Однією з універсальних мов програмування є Java.

Фреймворк для мови Java Spring представляє собою набір програмних засобів для тих чи інших завдань. Для роботи з MongoDB використовується набір інструментів під назвою SpringDataMongoDB. Ця технологія дає багато різних можливостей: конфігурування за допомогою анотації @Configuration або XML-файлу; інтегроване зіставлення між Java POJO та документом MongoDB; можливість використання класу MongoTemplate, який спрощує використання розповсюджених операцій MongoDB та надає можливість формувати власні фільтри для пошуку потрібних документів[1].

Сам процес роботи зі SpringDataMongoDB складається з 3 частин: налаштування підключення до бази даних, реалізація класів-об'єктів, які будуть отримуватися та відправлятися до MongoDB, та реалізація функціоналу для роботи з цією базою.

Під налаштуванням підключення мається на увазі створення класу конфігуратора, де потрібно вказати адресу та порт бази даних, логін і пароль для підключення, та об'єкт класу MongoTemplate, який буде повертатися. Завдяки останньому ми отримаємо можливість створювати власні запити, фільтри та обирати вигляд, у якому будуть повертатися документи.

Реалізація класу-об'єкту, з яким буде працювати база даних, складається зі створення типового POJO, який містить поля з потрібними типами даних. Для підготовки роботи з MongoDB необхідно внести дві корективи: над назвою об'єкта додати анотацію @Document та над полями вказати анотацію @Field, щоб база могла зіставити документ та об'єкт.

Функціонал для роботи з базою має два види: як інтерфейс та як реалізація складних запитів через MongoTemplate. Інтерфейс повинен розширювати функціонал класу MongoRepository<T, ID>[2] та мати приблизно наступний вигляд (рис. 1):

```
public interface NoteRepository extends MongoRepository<Note, String> {  
    Note findById(String id);  
}
```

Рис. 1 - Вигляд інтерфейсу, який розширює клас MongoRepository

Робота з класом `MongoTemplate` складається зі створення об'єкту `Query` (рис. 2), в який необхідно додати параметри для пошуку, та передачі цього об'єкту до екземпляру класу `mongoTemplate[3]`.

```
Query query = new Query();
query.addCriteria(Criteria.where("title").is("Example"));
Update update = new Update();
update.set("title", "Victory");
mongoTemplate.updateMulti(query, update, Note.class);
```

Рис. 2 - Робота з `MongoTemplate`

Результатом виконання прикладу буде наступний JSON-об'єкт (рис.3):

```
{
  "_id" : ObjectId("55b5ffa5511fee0e45ed614b"),
  "_class" : "model.Note",
  "title" : "Victory"
}
```

Рис. 3 - Результат виконання запиту

- [1] Documentation // Spring Data MongoDB [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.spring.io/spring-data/mongodb/docs/current/reference/html>.
- [2] Documentation // MongoRepository [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.spring.io/spring-data/mongodb/docs/current/api/org/springframework/data/mongodb/repository/MongoRepository.html>
- [3] Documentation // MongoTemplate [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.spring.io/spring-data/mongodb/docs/current/api/org/springframework/data/mongodb/core/MongoTemplate.html>

USING SPRING FRAMEWORK AND JAVA TO RETRIEVE OBJECTS FROM A NON-RELATIONAL DATABASE MONGODB

O. Hurtovyi, N. Matveeva

*Oles Honchar Dnipro National University
a.hurtovoy@gmail.com*

This article considers the use of the Spring framework and the Java programming language for working with the non-relational database MongoDB.

Examples how SpringDataMongoDB works: setting up a database connection, implementing object classes to be received and sent to MongoDB, and implementing functionality to work with that database.

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ БАЗ ДАНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

М. Кравець

*Харківський національний університет радіоелектроніки
mykhailo.kravets@nure.ua*

Однією з основних функцій web-додатків та інших онлайн-ресурсів у тому чи іншому вигляді є надання користувачеві даних у конкретному форматі (текст, відео, аудіо, графіка). По мірі збільшення кількості конкуруючих онлайн-ресурсів, проблема збільшення швидкості обробки та видачі даних системою набуває все більшої актуальності.

База даних (надалі БД) є однією з найбільш важливих частин майже будь-якої програмної системи, оскільки саме вона містить у собі більшу частину даних, які зберігає, генерує та обробляє система. Якщо швидкість роботи БД не є задовільною, рівень продуктивності системи може падати одразу за декількома показниками. Наприклад за показниками споживання дискового простору та оперативної пам'яті, а також швидкістю роботи програмної системи в цілому. У разі виявлення подібних проблем з продуктивністю, БД буде потребувати оптимізації задля збереження конкурентоспроможності системи. У даному випадку розглянемо оптимізацію реляційної БД як головного сховища даних.

Для початку процесу оптимізації слід розуміти, якого саме роду оптимізації потребує дана система. Якщо казати про апаратну частину, оптимізація найчастіше проводиться шляхом збільшення доступного дискового простору та оперативної пам'яті, що може використовувати система, але на даний момент питання збільшення доступного дискового простору стало найменш актуальним завдяки значному збільшенню об'ємів доступних користувачеві дискових накопичувачів, тому на даний момент проста апаратна оптимізація зводиться до збільшення об'єму оперативної пам'яті сервера, а також лімітів її використання сервером баз даних. Розберемо детальніше оптимізацію БД за швидкістю обробки запитів за допомогою програмних засобів. На думку спеціалістів в області конструювання баз даних, існує три аспекти програмної взаємодії з БД, що піддаються оптимізації найменш витратно з точки зору складності та часу [1]:

1. оптимізація SQL-запитів до бази даних;
2. оптимізація структури таблиць та полів баз даних;
3. оптимізація індексів.

Можливим ключем до розв'язання першого аспекту може бути зовнішня оптимізація SQL-запитів для вибору даних до їх виконання засобами СУБД [2]. За допомогою подібного інструментарію може виконуватися моніторинг запитів від компонентів web-додатку до бази даних та виявлятися конкретні запити, що потребують оптимізації. Даний метод має декілька очевидних переваг:

1. зовнішній оптимізатор не залежить від типу та версії СУБД;
2. використання зовнішньої оптимізації виключає необхідність впровадження додаткового коду у додаток, що в свою чергу, позитивно впливає на його архітектуру;
3. аналіз запитів може виконуватися у будь-який час роботи web-додатку.

Однак, зовнішня оптимізація має також і ряд суттєвих недоліків. У деяких випадках зовнішній оптимізатор потребує значних апаратних ресурсів, оскільки він сам

по суті є програмною системою. Для більшості ж випадків, достатньо використати методи мануального рефакторингу та оптимізації SQL-запитів, зокрема, мінімізації кількості вкладених запитів та операторів JOIN, що поєднують декілька таблиць у рамках одного запиту.

Для роботи з другим аспектом оптимізації слід враховувати концептуальну структуру програмної системи, на якій базується структура БД, а також використовувати найбільш ефективні практики щодо оптимального використання типів даних. Слід пам'ятати, що надмірна нормалізація бази даних є ще більш шкідливою для швидкості її роботи, ніж недостатня.

Аспект оптимізації індексів слід розглянути детальніше, бо з власного досвіду можу зазначити, що саме надмірність, або ж нестача індексів найчастіше призводить до різкого падіння продуктивності бази даних. Індекс є хеш-таблицею, що містить набори пар ключ-значення та має складність алгоритму пошуку n . Ця структура сприяє значному зростанню швидкості виконання SELECT. Але при оновленні поля, що індексується, або ж додаванні нового запису до таблиці, необхідна перебудова індексу, що в свою чергу значно збільшує час виконання UPDATE та INSERT запитів у таблицях, що мають надмірну кількість індексів. Звідси можна зробити висновок, що індекси найбільш доцільно використовувати у таблицях, більшість запитів до яких є запитами типу SELECT. Одним з найбільш розповсюджених методів оптимізації індексів є аналіз множини наборів полів, за якими виконується фільтрація даних при їх вилученні. В результаті аналізу формується список полів, що потребують індексації, причому, у разі якщо чітка тенденція до наявності найчастіше використовуваних комбінацій полів відсутня - слід використовувати переважно прості індекси.

У якості висновку слід зазначити, що кожна база даних є унікальною структурою, для якої частіше за все можуть бути використані далеко не всі методи оптимізації, що були згадані вище. При детальному огляді потенційних методів оптимізації конкретної бази даних необхідно робити поправки на доцільність окремих методів, а також обов'язково враховувати потенційне навантаження на базу для знаходження оптимального набору мір для прискорення взаємодії з нею.

- [1] Fowler, Martin. Patterns of enterprise application architecture. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
- [2] Скачков, Дмитрий Андреевич. "Исследования механизмов оптимизации времени отклика веб-приложений." Наука, техника и образование 6 (6) (2014).

METHODS FOR OPTIMIZING SOFTWARE SYSTEMS DATABASES

M. Kravets

*Kharkiv National University of Radioelectronics
mykhailo.kravets@nure.ua*

The database is one of the most important parts of almost any software system because it contains most of the data stored, generated and processed by the system. If the speed of the database is not satisfactory, such database will need optimization. The most popular optimization practices will be considered in this report.

ЕТАПИ РОЗРОБКИ ЛЮДИНО-ОРІЄНТОВАНОГО ДИЗАЙНУ

М. Закржевський, Н. Карпенко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
zakrzhevskii.nikolai@gmail.com*

У сучасному світі дизайн — не тільки естетична сторона, але і функціональність, зручність використання продукту, будь це стілець, автомобіль або Instagram. Тобто через дизайн можна оптимізувати взаємодію людини з продуктом.

Людино-орієнтований дизайн — це підхід до розробки різних продуктів, який на перше місце ставить користувача з його цілями, завданнями, обмеженнями і контекстом роботи [1].

В основі людино-орієнтованого дизайну лежить принцип — потрібно створювати продукти такими, якими кінцеві користувачі хочуть їх бачити. Це в однаковій мірі відноситься до інтерфейсів сайтів, додатків, сервісів і інших, більш складних, систем.

Сценарії взаємодії — це вигадана історія про те, як користувач виконує дії або досягає своєї мети за допомогою продукту. Аналізуючи сценарії взаємодії, дизайнер вивчає мотивацію користувача при роботі з продуктом і документує особливості поведінки користувачів.

Сценарії взаємодії припускають, що користувачі роблять те, що можуть, хочуть або звикли, а не перенавчаються і змінюють установлені моделі поведінки заради оволодіння функціоналом певного програмного продукту. Дизайнери не повинні явно забороняти і вказувати, що робити користувачеві. Їх задача — зробити інтуїтивно зрозумілий дизайн та підштовхнути до користування, але не вказувати. Дизайнер через розробку дизайну продукту намагається запобігати проблемам користувачів, які можуть виникнути під час використання даного продукту.

Хоча в основі дизайну лежать потреби і бажання людей, потрібно обов'язково враховувати інтереси бізнесу і технічні обмеження. Рішення, які технічно не реалізуються або комерційно неуспішні — просто не дійдуть до повноцінного релізу [2].

Умовно весь процес розробки людино-орієнтованого дизайну можна розділити на шість етапів. Однак у багатьох з них є обов'язковий блок — це проведення досліджень для вивчення потреб та інтересів користувачів, їх звичок і уподобань, думок про зручність використання та функціональність. Описаний нижче процес демонструє підхід, при якому дизайнери створюють рішення на основі розуміння потреб користувача, а всі ідеї і рішення проходять обов'язкову перевірку на відповідність потребам і очікуванням тих людей, які будуть використовувати продукт.

Етап 1. Спостереження і вивчення

Людино-орієнтований дизайн вимагає глибокого вивчення цільової аудиторії. Потрібно зрозуміти спосіб мислення потенційних користувачів, емоції, які їх направляють, з'ясувати їхні проблеми та больові точки, зрозуміти, що для них важливо. Для досягнення початкової мети використовують спостереження за користувачами, підтримують з ними контакт, проводять опитування та інтерв'ю.

Етап 2. Осмислення і генерування ідей

На основі отриманої інформації генеруються ідеї і створюється концепція.

Етап 3. Прототипування

Прототипування — найважливіша частина створення продукту. Воно дає можливість перевірити дизайн на реальних людях. Не потрібно робити складний прототип і витрачати на це багато ресурсів. Головне завдання — швидко перевірити ідеї

та оцінити їх працездатність, а не створити ідеально працюючий екземпляр. Потрібно не вразити користувача, а представити концепцію в простій та зрозумілій формі.

Етап 4. Отримання зворотного зв'язку

На цьому етапі проводиться демонстрація прототипів реальним користувачам продукту, щоб зрозуміти, наскільки ідеї відповідають їхнім потребам і очікуванням. Як результат такої роботи з'являється розуміння того, чи правильно інтерпретували результати досліджень, проведених на початку.

Етап 5. Розробка MVP

Мінімально життєздатний продукт (minimum valuable product MVP [3]) — це така версія продукту, яка має найнеобхідніший мінімум можливостей, щоб перевірити його життєздатність на ринку. На цьому етапі ще немає додаткових або другорядних функцій, а є тільки те, що становить суть сервісу. Головна цінність MVP полягає в тому, щоб витратити зовсім небагато часу та ресурсів на дизайн і швидко отримати відгуки від користувачів. Все це допоможе зрозуміти, що слід покращувати. Рухаємося шляхом поліпшення окремих елементів і поступового доведення продукту до повноцінного функціоналу та робочого стану.

Етап 6. Фінальна доробка і реліз

Проводяться додаткові дослідження із залученням користувачів для кожної ітерації продукту, щоб не втратити зв'язок з аудиторією і не піти в сторону від правильного напрямку. По завершенні розробки проводиться комплекс фінальних тестів, щоб перевірити працездатність і функціональність і переконаватися, що продукт дійсно задовольняє потреби користувачів [1].

Чітке виконання всіх правил і рекомендацій при розробці людино-орієнтованого дизайну не дає 100 % гарантії, що продукт буде за замовчуванням ідеальним з позиції зручності використання і комерційно успішним завдяки орієнтації на потреби користувачів. Але якщо знехтувати цим і сфокусуватися виключно на інноваціях і функціоналі — ризик провалитися набагато вище. Тому що при однаковому функціоналі користувачі вибирають продукт, яким простіше і зручніше користуватися — звичайно це продукт, створений з урахуванням їх потреб, усталених звичок і шаблонів поведінки.

- [1] Нільсен Я. Веб-дизайн: книга Якоба Нільсена / Я. Нільсен. М.: Символ, 2015. 512 с.
- [2] Коло С. Веб-Дизайн: книга Стіва Круга або "не змушуйте мене думати!" / С. Коло. М.: Символ-Плюс, 2008. 224 с.
- [3] Руководство по созданию MVP или минимально жизнеспособного продукта [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lpgenerator.ru/blog/2015/03/02/rukovodstvo-po-sozdaniyu-mvp-ili-minimalno-zhiznesposobnogo-produkta/>

STAGES OF DEVELOPMENT OF THE HUMAN-CENTERED DESIGN

M. Zakrzhevskiy, N. Karpenko

*Oles Honchar Dnipro National University
zakrzhevskii.nikolai@gmail.com*

Human-centered design is an approach to developing different products that puts the user first with his goals, objectives, limitations and context.

Human-centered design is based on the principle that you need to create products that end users want to see. This applies equally to interfaces, sites, applications, services and other, more complex, systems.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СУДИННОГО РУСЛА

О. Соловйова¹, Н. Кізілова²

¹Харківський національний технічний університет «ХПІ»
helenfilippova@yahoo.co.uk

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
n.kizilova@gmail.com

Завдяки збільшенню обчислювальних потужностей сучасних комп'ютерних систем, розвитку нових технологій, підходів до медичної діагностики та планування лікування отримала розвиток індивідуалізована (patient-specific) медицина, що базується на багаторівневих математичних моделях серцево-судинної системи людини, з використанням автоматизованого аналізу медичних даних.

У роботі представлена структура нової системи моніторингу стану серцево-судинної системи людини на основі геометричної і біомеханічної моделей судинного русла як розгалуженого дерева артерій. Геометрична модель ґрунтується на результатах детальних *postmortem opening* вимірюваннях довжин L_j та діаметрів d_j системних (позаорганих) артерій на 5 тілах (вік 38-62 років (52 ± 9), зріст 155-177 см (169 ± 7)) [1], а також на зліпках внутрішніх органів і м'язів, за даними яких була сформована база даних БД1. Зважаючи на індивідуальні особливості геометрії артеріальних русел в різних зразках було виміряно 870-1027 артеріальних сегментів позаорганих артерій. Для внутріорганих русел на пластикових зліпках були виміряні параметри для $>10^4$ артерій, включаючи сегменти з діаметрами $d^*=0.1$ мм [1].

В ході статистичного аналізу були виявлені статистично значущі ($R^2>0.87$) залежності між діаметрами артерій в біфуркаціях і трифуркаціях, між довжиною і діаметрами, кореляції довжин відповідних сегментів, нормованих на зріст індивіда, що дозволяє за результатами вимірювань діаметра живильної артерії внутрішнього органу відновити його артеріальне русло, включаючи судини з діаметрами d^* [2].

Шляхом усереднення даних вимірювань була отримана і занесена в БД1 усереднена геометрична модель системного дерева, що містить 970 трубок, що дозволяє проводити перерахунки параметрів всіх трубок для конкретного пацієнта.

Діаметри і довжини системних артерій і живлячих артерій внутрішніх органів (67 сегментів) також були виміряні на 5 здорових волонтерах (вік 18-42 років (31 ± 10), зріст 155-177 см (168 ± 5)) [3]. Виміряні значення були занесені в базу даних БД2 і використані для відновлення повних моделей артеріальних русел у волонтерів на підставі усередненої моделі з БД1 за допомогою математичної моделі. Статистичний аналіз БД2 виявив залежності $L_j(d_j)$ та між значеннями d_j в біфуркаціях аналогічні відповідним з БД1 [3].

Математична модель в даній системі моніторингу базується на моделі Уомерслі для осесимметричного розповсюдження хвиль в заповнених рідиною трубках для розрахунків хвиль витрат Q_j та тисків P_j в кожній трубці. На біфуркаціях трубок розглядаються умови неперервності тиску і витрати рідини. На вході в систему задається крива тиску $P(t)$, що генерується при скороченні серцевого м'яза, а на відкритих кінцях

трубок моделі задається розподіл коефіцієнтів відбиття хвиль $G_j = G_j' + iG_j''$, дійсна G_j' та уявна G_j'' частини котрих відповідають резистивним та ємнісним властивостям мікроциркуляторних русел. Фізичні параметри стінок судин отримані за допомогою статистичних апроксимацій, а для крові можуть бути виміряні безпосередньо на порції крові індивіда.

Рішення у вигляді розподілу $\{P_j(t, r, x), V_j(t, r, x)\}$ у кожній з трубок моделі шукається у вигляді суми падаючої і відбитих хвиль. Величини G_j розраховувалися для кожної з термінальних трубок як для *in vitro* моделі 1000 трубок, так і *in vivo* моделі 67 трубок, на підставі усередненої геометрії русел внутрішніх органів і м'язів з БД1 і статистичних залежностей з [1]. Була проведена валідація математичної моделі для п'яти геометричних моделей з БД2 і корекція значень реологічних параметрів моделей.

Представлена в системі моніторингу біомеханічна модель є найповнішою на сьогоднішній день та дозволяє проводити чисельні розрахунки тисків і швидкостей кровотоку в кожній артерії, зберігати інформацію в базі даних, аналізувати розподіл об'ємів крові та швидкостей кровотоку, розраховувати важливі діагностичні індекси, виявляти порушення і планувати хірургічні операції *in silico*.

- [1] Зенин О.К., Гусак В.К., Кирьякулов Г.С. Артериальная система человека в цифрах и формулах. Донецк. (2002). 198с.
- [2] Zenin O.K., Kizilova N.N., Philippova E.N. Studies on the Structure of Human Coronary Vasculature. Biophysics. Vol.52. No. 5(2007). P.499–503.
- [3] Kizilova N., Philippova H., Zenin O. A realistic model of human arterial system: blood flow distribution, pulse wave propagation and modeling of pathology. Mechanics in Medicine. Vol.10. Korzynskiego M., Cwanka J. (eds). Rzeszow. (2010). P.103-118.

A SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF HUMAN CARDIOVASCULAR SYSTEM BASED ON THE MATHEMATICAL MODEL OF VASCULAR BED

E. Solovyova¹, N. Kizilova²

¹*Kharkiv National Technical University "KhPI"*
helenfilippova@yahoo.co.uk

²*V. N. Karazin Kharkiv National University*
n.kizilova@gmail.com

The structure of a new system for monitoring the state of the human cardiovascular system based on geometric and biomechanical models of the vascular bed as a branching tree of arteries is presented. The tree geometry was obtained by averaging the data of postmortem measurements on five bodies, a statistical analysis of the patterns of the structure of vascular trees, and a new technique for generating an individual tree for a particular patient by performing several *in vivo* measurements. The developed biomechanical model allows numerical calculations of pressures and blood flow velocities in each artery, storing information in a database, analyzing the distribution of blood volumes, calculating important diagnostic indices, identifying pathologies and planning surgical operations *in silico*.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ НАВЧАННЯ ОСНОВАМ КОМП'ЮТЕРНОЇ КРИПТОГРАФІЇ

Д. Сівцов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sdp31415@gmail.com

Сучасна комп'ютерна криптографія забезпечує інформаційну безпеку комп'ютерних систем і мереж в частині конфіденційності, автентифікації учасників інформаційного обміну, перевірка автентичності (цілісності і авторства) електронних документів, безпеку парольного захисту, а також використання захищених протоколів різного цільового призначення (мережного голосування, тощо). Комп'ютерна криптографія є структуроутворюючою складовою інформаційної безпеки комп'ютерних систем і мереж.

Коло осіб, чия діяльність прямо або опосередковано пов'язана з комп'ютерною криптографією дуже широке і охоплює осіб від професіональних криптологів і спеціалістів з інформаційної безпеки до рядових користувачів прикладних програмних систем. До прикладу, всі користувачі клієнтських програм державної системи податкової звітності України стикаються з такими криптографічними поняттями як закриті та відкриті ключі, цифрові сертифікати, шифрування, цифровий підпис і похідні від них поняття.

Теоретична в практична підготовка з комп'ютерної криптографії тепер є необхідною складовою підготовки усіх категорій осіб в галузі захисту інформації в комп'ютерних системах і мережах. Об'єм знань і умінь, що надаються при навчанні для різних категорій осіб відрізняються, але при цьому головним загальним принципом є формування *розуміння* криптографічних технологій. Без такого розуміння ніяк не можна гарантувати правильність технічних рішень щодо вибору, застосування і, насамкінець, розробки засобів криптографічного захисту.

Особлива увага до цього принципу обумовлена такими обставинами.

1. Теорія несиметричних алгоритмів потребує від осіб, що навчаються, наприклад студентів за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія", або за іншої, спорідненої з нею, обізнаності в таких розділах математики як арифметика в класах залишків, алгебраїчні структури, не кажучи вже про еліптичні криві. Але ця обізнаність практично відсутня навіть на початковому рівні.

2. Реальна програмна реалізація несиметричних криптоалгоритмів потребує програмної реалізації операцій з числами, великої розрядності, довжина яких *набагато* перевищує довжину машинного слова. Тому програмування несиметричних алгоритмів потребує програмування також специфічних допоміжних алгоритмів множення, піднесення до ступеню, обчислення залишків за модулем, тощо. Такі алгоритми, з огляду на їх специфічність в загальних курсах програмування також не розглядаються.

3. Необхідність впевненого розуміння несиметричної криптографії обумовлена тим, що в ієрархічному побудуванні інформаційної безпеки вона займає визначальне місце. А саме, такі характеристики інформаційної безпеки як, конфіденційність, цілісність, автентифікація, в забезпечується симетричною криптографією; безпека самої симетричної криптографії забезпечується захищеним обміном шифрувальними ключами; захист ключового обміну забезпечує несиметрична криптографія; безпека

відкритих ключів несиметричної криптографії забезпечується сертифікатами, непідробність яких забезпечується самою ж несиметричною криптографією. Тому оминати наголошені вище обставини принципово не можна, інакше навчання не буде результативним в плані розуміння криптографічних технологій.

Виходячи з цього, при вивченні комп'ютерної криптографії і в першу чергу несиметричної, для кожного змістовного розділу доцільно застосовувати таку схему: "отримав теоретичні відомості – перевірів і переконався – проєкспериментував – зробив висновки – зрозумів". Така схема є ефективною за наявності належної інструментальної програмної платформи, яка дозволяє виконувати перевірку та експериментування в інтерактивному режимі.

Тематичний аналіз існуючих інформаційних ресурсів показав, що в якості такої платформ обирають програмні системи Maple [1,2 та ін.] або Mathemtica [3]. Вони хоча і мають мовні засоби процедурно – орієнтованого програмування, але не мають компіляторів, тобто в них окремі команди, функції, процедури виконуються в режимі інтерпретації вмісту всього або частини робочого аркуша. Саме це і забезпечує необхідний інтерактивний режим навчання в реальному часі, тобто "спробував – одразу ж отримав результат". Окрім цього, вказані системи мають вбудовані функції арифметики в класах залишків та маніпулювання алгебраїчними об'єктами і структурами а також ефективні алгоритми роботи з числами довільної розрядності.

Практичні дослідження довели, що більш ефективною програмною платформою є система програмування Python. Також як і Maple або Mathemtica, Python підтримує інтерактивний режим навчання завдяки тому, що об'єктно – орієнтовані сценарії, які виконуються в інтегрованому середовищі розробки (IDLE) не потребують компіляції та зв'язування, як вихідні коди мов C, C++, Java і т.п. Python також дозволяє роботу з числами достатньої для несиметричної криптографії розрядності, а окрім того, на відміну від Maple та Mathemtica має значно потужніші функції і методи для роботи з символьними рядками, списками, словниками, множинами, що вельми корисно для експериментів з алгоритмами як симетричної так і несиметричної криптографії.

Виходячи з цього, саме на платформі Python було створено практикум з комп'ютерної криптографії для студентів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія".

- [1] A. Baliga and S., Boztas Cryptography in the Classroom using Maple [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.any2any.org/EP/2001/ATCMP216/fullpaper.pdf>.
- [2] José Luis Gómez Pardo. Introduction to Cryptography with Maple. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. (2013). 705 p.
- [3] Тилборг ван Х.К.А. Основы криптологии. Профессиональное руководство и интерактивный учебник. М.: Мир. (2006). стр. 471.

USE OF INTERACTIVE SOFTWARE SYSTEMS FOR TRAINING THE BASICS OF COMPUTER CRYPTOGRAPHY

D. Sivtsov

*Oles Honchar Dnipro National University
sdp31415@gmail.com*

The features of studying the basics of computer cryptography and software systems necessary for implementing the principle of interactive learning are discussed. It is proposed use the Python scripting language.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОФАЗНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК

И. Оксанич, И. Шевченко

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
oksirena2017@gmail.com*

Автоматизация бизнес-процессов в организационно-технических системах (ОТС), где происходит совместное выполнение бизнес-операций человеком-оператором (h-агентом) и b-агентом (ботом), рождает проблему статического и динамического моделирования операционного пространства, в котором сочетаются бизнес-процессы (БП), бизнес-операции (БО) и автоматизированные рабочие места (АРМ). Моделирование БП обычно проводится при помощи известных графических нотаций, таких как DFD, IDEF0, IDEF3 [1]. Эти методологии ориентированы на аналитиков, работающих над реинжинирингом БП. Перечисленные нотации не соответствуют требованиям математической формализации, необходимой для строгого описания операционного пространства ОТС. Предложенный в работе [2] подход, моделировать бизнес-процессы с использованием журналов событий только подтверждает актуальность этого вопроса.

В работе [3] описываются структуры мультиагентных систем, ориентированных на выполнение бизнес-процессов, однако в указанной работе также нет математических моделей, позволяющих связать множество процессов многофазного обслуживания на множестве АРМ с учетом необходимости мониторинга и оптимизации данных процессов.

Кроме того, построение системы взаимосвязанных БО на множестве БП осложняется тем, что каждая БО является частью одного из БП. Это требует рассмотрения совокупного операционного пространства и адекватного модельного отображения и согласования динамики происходящих процессов.

Разработаем статическую информационную модель многофазного обслуживания заявок, основанную на матричном описании. Данная модель должна отображать статические связи (отношения) между объектами операционного пространства ОТС.

Информационную модель БП опишем выражением

$$BP_M = \langle SM_{BP}, AM, LM(t), B(t), TM, EC, CM, PEM, RAM, LCE \rangle, \quad (1)$$

где SM_{BP} – главная матрица формализованного описания БП. Каждая строка матрицы соответствует одному этапу БП, то есть, БО. Каждый столбец несёт данные про микрооперации, входящие в БО, а также норму времени выполнения БО, отметки выполнения, результат контроля по времени, адреса получателей сообщений. Таким образом, каждая строка матрицы SM_{BP} содержит формализованное описание БО;

AM – (*adjacency matrix*) квадратная матрица смежности графа выполнения БП, где каждая строка указывает на переходы к параллельно выполняемым БО. Индексация матрицы соответствует индексации БО – $i=1..I$; Разность матриц смежности двух БП показывает степень сходства процессов на первом алгоритмическом уровне;

$E(t)$ – матрица выполнения, устанавливает взаимосвязь между переменными, относящимися к АРМ, и переменными, относящимися к БП (БО). Каждая строка матрицы с индексом $r=1..R$ соответствует номеру заявки на обслуживание по

выполнению БО. Каждый столбец с индексом $n=1...N$ соответствует номеру функционального узла (АРМ). К номеру строки r привязаны номера БП и БО. Значение 0 означает, что данная БО не выполняется на данном узле; значения 1,2,3... означают номер в очереди к узлу; 1 – идет обработка заявки;

$B(t)$ – матрица-строка для сбора и фиксации данных про окончания времени обработки заявок на узлах; индексом в данной строке служит n – номер АРМ.

ТМ – матрица норм времени обработки всех БО на всех узлах. Каждая строка соответствует номеру i БО, каждый столбец – номеру n АРМ;

ЕС – матрица стоимости выполнения БО на существующих функциональных узлах. Каждая строка соответствует номеру i БО, каждый столбец – номеру n АРМ;

CD – матрица цены задержек БО по всем актуальным БП. Каждая строка соответствует номеру i БО, каждый столбец – номеру j БП;

СМ – матрица компетенций – элементы СМ содержат вероятности успешного и своевременного выполнения i -й БО на n -м АРМ.

Кроме перечисленных матриц при анализе эффективности выполнения бизнес-процессов используются таблицы, содержащие значения первичных показателей эффективности.

Таким образом, это позволит усовершенствовать информационную модель многофазного обслуживания бизнес-процессов и бизнес-операций, которая представлена в виде формального теоретико-множественного описания с отображением связей бизнес-процессов и бизнес-операций различных классов в совместном операционном пространстве, что дает возможность построения адекватного отображения и согласования динамики смены состояний множества бизнес-процессов и бизнес-операций.

- [1] Дроздов А., Коптелов А. Использование средств описания процессов при внедрении корпоративных информационных систем. Проблемы теории и практики управления. №10. (2006). С. 54–70.
- [2] Khodyrev I., Popova S. Discrete modeling and simulation of business processes using event logs. Procedia Computer Science. Vol. 29. (2014) P. 322–331
- [3] Массель Л.В., Гальперов В.И. Разработка многоагентных систем распределенного решения энергетических задач с использованием агентных сценариев. Известия Томского политехнического университета Т. 326. № 5. (2015). С. 45-53.

INFORMATION MODEL OF MULTI-PHASE QUEUEING

I. Oksanych, I. Shevchenko

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
oksirena2017@gmail.com*

An information model of multiphase queueing based on a matrix description is proposed. This model displays static connections (relationships) between the objects of the operational space of the organizational and technical system.

The model is presented as a formal set-theoretic description with the mapping of the relationships of business processes and business operations of various classes in a joint operational space, which makes it possible to construct an adequate mapping and coordination of the dynamics of state changes of many business processes and business operations.

МОРФОЛОГІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ У КОМП'ЮТЕРНОМУ СТЕРЕОЗОРИ

О. Прокопчук

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
neues.system@ukr.net

Безперервне вдосконалення та пошук нових методів обробки у комп'ютерному зорі зумовлюється підвищенням складності та урізноманітненням аналізованої візуальної інформації. Паралельний розвиток числених галузей людської діяльності розширює сфери, які потребують обробки зображень реального світу комп'ютерними засобами. Зокрема, зростає актуальність завдань пов'язаних з автоматизованим описом об'єктів реального світу за їх зображеннями з наступним застосуванням отриманої інформації в різноманітних системах прийняття рішень. Такий опис може бути різним за ступенем складності, наприклад, передбачати лише інформацію про кольоровий склад, або також включати деталі про структурні елементи об'єктів, їх взаєморозташування, розміри тощо.

Дана робота зосереджена на вдосконаленні методу отримання метричної інформації для тривимірної реконструкції сцен засобами комп'ютерного стереозору. Загальним підходом до тривимірної реконструкції сцен реального світу за допомогою апаратних систем стереозору (з двома або більше камерами) є триангуляція [1]. Триангуляція передбачає розрахунок тривимірних координат точок в просторі за координатами їх одномоментних проєкцій на зображеннях з різних камер системи. Результатом обчислень є мапа глибини (depth map), зображення, де для кожного пікселя, замість кольорів, зберігається відстань від точки до площини камери.

Перед безпосереднім обчисленням значень відстані до точок, виконується ректифікація зображень і досягається паралельність епіпольарних ліній сторонам зображення, після чого будується мапа диспарантності (disparity map). Для цього кожному пікселю зображення (проєкції точки) лівої камери з координатами (x_i, y_i) виконується пошук відповідної точки на правому зображенні з координатами $(x_i - d, y_i)$, де d – значення диспарантності. Для пошуку відповідності пікселів на зображеннях стереоскопічної системи камер розроблено низку алгоритмів та їх модифікацій, серед яких широке розповсюдження має алгоритм Block matching [2]. Робота алгоритму Block matching полягає у встановленні відповідності між проєкціями точки простору на зображеннях стереопари шляхом обчислення значення суми абсолютних різниць між невеликими блоками зображень. На етапі узгодження порівнюються два однакових прямокутних блоки пікселів двох зображень з обчисленням середньої квадратичної помилки в якості міри схожості. Значення d для мапи диспарантності визначається горизонтальною відстанню між блоками обох зображень, де значення помилки є мінімальним. Через зворотну залежність значень мапи глибини та значень мапи диспарантності, роздільна здатність систем стереозору зазвичай краща на близьких відстанях та погіршується зі збільшенням відстані до точок в просторі. Отже, залежно від змісту сцени зйомки, частина значень мапи диспарантності може виділятися у фон, де дані втрачають цінність через високе значення помилки результуючих значень відстані або логічне виділення фону. Обчислена мапа диспарантності даного алгоритму може містити ряд недоліків (рис.1) у вигляді розривів через складність умов зйомки (шуми різної природи, недосконалість апаратної частини тощо), а також особливості сцени, що спостерігається (відсутність окремих об'єктів чи їх частин на різних ракурсах

зйомки, різна освітленість, текстурованість чи однорідність областей зображень). Швидкість обчислення та простота реалізації дозволяє застосовувати алгоритм в різноманітних системах, де деталізація вихідної мапи диспарантності допускає наявність помилок і неточностей.

Підходом до зменшення негативного впливу зазначених вище чинників на результуючу мапу диспарантності, може бути застосування морфологічних операцій обробки зображень на етапі післяобробки [3]. В якості ілюстрації застосування даного підходу, початкову мапу диспарантності алгоритму Block matching (рис.1), з численними розривами значень на цільовому об'єкті сцени та із значними спотвореннями фону, було послідовно оброблено морфологічними операторами дилатації та ерозії. Оброблена мапа диспарантності (рис.2) дозволяє чітко розділити цільовий об'єкт і фон сцени, а також згладити перепади значень та усунути розриви без зміни контурів об'єкту. Застосування морфологічних операцій дозволяє виконувати розпаралелювання їх роботи, що може бути суттєвим для збереження швидкості загальної роботи у випадку застосування алгоритму Block matching і систем, вибагливих до часу, а також може поширюватись на мапи диспарантності інших алгоритмів з підбором підходящих параметрів.



Рис. 1 – Початкова мапа диспарантності.

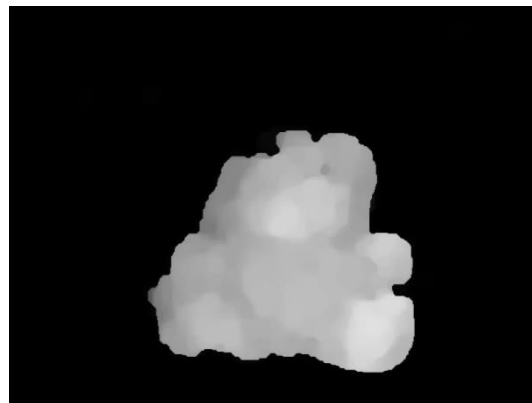


Рис.2 – Оброблена мапа диспарантності.

Отже, запропонований метод дозволяє підвищити якість мап диспарантності для алгоритмів стереозору за допомогою операторів морфологічної обробки зображень.

- [1] Forsyth D. A., Ponce J. Computer Vision - A Modern Approach, Second Edition. Pitman. (2012). 791p.
- [2] Davies E.R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. Academic Press, 4-th Edition. New York. (2012). 912p.
- [3] Wöhler, C. 3D Computer Vision: Efficient Methods and Applications. London: Springer. (2013). 382p.

MORPHOLOGICAL PROCESSING IN COMPUTER STEREO VISION

O. Prokopchuk

*Oles Honchar Dnipro National University
neues.system@ukr.net*

The method of increasing the quality of disparity maps for stereo vision systems is proposed. It uses the post-processing technique by means of morphologic methods. The obtained results for disparity maps of block matching algorithm show its efficiency.

АВТОМАТИЧНА ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ НА СУМУ ГАУССІВСЬКИХ ФУНКЦІЙ

І. Вернигора, С. Вовк

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
i.v.vernigora@gmail.com

Традиційний підхід до гауссової декомпозиції заснований на методі найменших квадратів у припущенні, що шум має нормальний закон розподілу і помірну дисперсію. В рамках цього підходу гауссова декомпозиція розглядається як задача квадратичної оптимізації, де основна увага приділяється вибору вданих початкових наближень для невідомих параметрів і застосуванню ефективних методів оптимізації. Так, в [1] вибір вданих початкових наближень для невідомих нелінійних параметрів (в тому числі, для кількості гауссових функцій) досягається шляхом побудови і подальшого аналізу «просторово-масштабного зображення» (scale-space image) для заданої одновимірної послідовності даних, а в якості ефективного методу оптимізації використовується метод Марквардта. Стійкість такого рішення фактично забезпечується за рахунок обмеження кількості функцій в неортогональному гауссовому базисі. Сучасний варіант гауссової декомпозиції на базі методу найменших квадратів використовує адитивний нелінійний регуляризуючий член, який формально описує узагальнену довжину контуру кривої для одержуваного рішення і який має один параметр, що вільно налаштовується [2]. Застосування вільного параметра дозволяє змінювати властивості регуляризатора. Так, якщо значення вільного параметра дорівнює нулю, то цей регуляризатор стає L_1 -нормою першої похідної шуканого рішення, реалізуючи принцип обмеження повної варіації розв'язку (minimal total variation principle) в рамках методу LASSO Тібшірані. Але якщо значення вільного параметра є досить великим, то регуляризатор стає близьким до L_2 -норми першої похідної шуканого розв'язку, реалізуючи вказаний принцип в рамках методу регуляризації Тихонова. В [3] наведено підхід до гауссової декомпозиції на основі методу мінімуму протяжності, який показує гарні можливості з декомпозиції суми гауссівських функцій, які перевищують можливості попередніх методів та методу декомпозиції, поданого в сучасному пакеті математичних обчислень Matlab. Але цей підхід вимагає досить складних обчислень і тому потребує вдосконалення. Далі розглядається модифікація цього підходу.

Пропонована математична постановка задачі є:

$$\min_{A_1, \dots, A_P, m_1, \dots, m_P, \sigma_1, \dots, \sigma_P} \left\{ \sum_{i=1}^N \psi \left(g_i - \sum_{p=1}^P A_p e^{-\frac{(x_i - m_p)^2}{2\sigma_p^2}} \right) \right\}, \quad (1)$$

де g_i – i -й елемент даних, P – кількість гауссових функцій, A_p, m_p, σ_p – амплітуда, положення максимуму і півширина p -ої гауссової функції, $\psi(\dots)$ – вартісна функція, яка має забезпечувати необхідні властивості. Згідно з (1), постановка задачі полягає в пошуку глобального мінімуму функції, що подана у фігурних дужках, в просторі розмірності $3P$, осі якого відповідають за амплітуди, положення максимуму й півширини гауссових функцій. Зазначимо, що P вважається наперед невідомим.

Метод розв'язання задачі (1) полягає у виконанні наступних обчислень. Для трьох різних точок вихідної залежності аналітично розраховуються параметри поточної гауссової функції у вигляді множин значень її місця розташування, півширини і

амплітуди. Далі в отриманій множині значень параметру місця розташування гауссової функції обирається те значення, ймовірність появи якого виявилася найбільшою. Потім для обраного місця розташування поточної гауссової функції виявляється корисність значень півширини і амплітуди, що виконується шляхом побудови гістограм значень півширини і амплітуди та знаходження їх максимумів. Після цього з вхідної залежності віднімається гауссова функція з отриманими параметрами і перевіряється умова закінчення обчислень шляхом порівняння енергії отриманого залишку залежності з заданим пороговим значенням.

Як приклад, на рис. 1 наведена ілюстрація до процесу декомпозиції суми чотирьох гауссових функцій. Видно (рис. 1б), що отримані значення параметрів мають практично повний збіг шуканих значень з істинними.

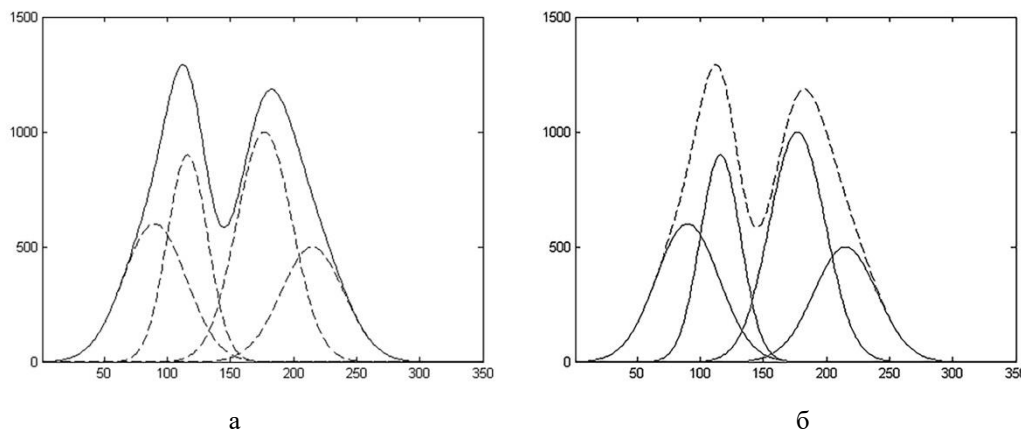


Рис. 1 – Моделювання процесу декомпозиції: а – вхідна залежність (суцільна крива) ; б – результат декомпозиції (гауссові функції представлені суцільними кривими).

Моделювання низки інших залежностей, сформованих у вигляді суми гауссових функцій, підтвердило ефективність застосування запропонованого підходу.

- [1] Goshtasby A., O'Neill W.D. Curve fitting by a sum of Gaussians. Graphical Models and Image Processing. Vol. 56. (1994). P. 281–288.
- [2] Lindner R.R., Vera-Ciro C., Murray C. E., Stanimirovic S., Babler B.L., Heiles C., Hennebelle P., Goss W.M., Dickey J. Autonomous Gaussian decomposition. The Astronomical Journal. Vol. 149. (2015). P. 138–149.
- [3] Вовк С. М. Декомпозиция суммы гауссиан, искаженных импульсным шумом. Радиоелектроніка, інформатика, управління. N. 1. (2017). С.91–99.

AUTONOMOUS DECOMPOSITION OF DEPENDENCIES INTO SUM OF GAUSSIAN FUNCTIONS

I. Vernigora, S. Vovk

Oles Honchar Dnipro National University

i.v.vernigora@gmail.com

The problem of decomposition of dependencies into sum of gaussian functions is discussed. The proposed approach consists in the search of global minimum of objective function based on the residual function between the data and the sum of gaussian functions. Numerical simulations confirmed the performance of proposed approach.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ

І. Жуковицький, І. Цикало

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
ivzhuk@diit.edu.ua*

Ефективність функціонування сучасних інформаційних систем в значній мірі пов'язана з проблемою захисту оброблюваної в них інформації. Складність процесів обробки інформації, супутня сучасним системам, призводить до появи великої кількості помилок у програмному коді інформаційної системи. Дані помилки сприяють появі вразливостей в програмному коді, а отже, різноманітних атак, тобто способів отримання несанкціонованого доступу до ресурсів інформаційної системи.

Згідно до звіту Verizon 2018 Data Breach Investigations Report [1] проблема виявлення вторгнень є актуальною. Серед усіх атак 73% здійснено аутсайдерами, 48% хакінгом. Серед усіх інцидентів 68% були виявлення більш ніж через місяць. Середні збитки від взлому складає приблизно 4 млн. доларів США, середня вартість вкрадених даних користувача – 148 дол. США. Із року в рік значення середньої вартості взлому збільшується на 6%.

Можливості існуючих систем захисту не дозволяють забезпечити безпеку інформаційної системи на достатньому рівні. Причиною цього є те, що процес створення систем виявлення атак пов'язаний з низкою невирішених науково - технічних завдань. Існуючі системи виявлення атак використовують найпростіші алгоритми обробки інформації, що надходить, що не дозволяє виявити значну кількість атак на інформаційні системи

Для виявлення нових типів атак необхідно використовувати системи виявлення, що здатні до самонавчання у реальному часі. Створення ефективної системи виявлення атак вимагає застосування якісно нових підходів до обробки інформації, які повинні ґрунтуватися на адаптивних алгоритмах здатних до самонавчання. Найбільш перспективним напрямком у створенні подібних систем виявлення атак є застосування засобів штучного інтелекту (ШІ) [2-3].

До основних методів виявлення атак належать аналіз сигнатур та виявлення аномалій. Аналіз сигнатур був першим методом, застосованим для виявлення вторгнень. Він базується на простому понятті збігу послідовності зі зразком. У вхідному пакеті проглядається байт за байтом і порівнюється з сигнатурою (підписом) — характерним рядком програми, що вказує на характеристику шкідливого трафіку. Такий підпис може містити ключову фразу або команду, яка пов'язана з нападом. Якщо збіг знайдено, оголошується тривога.

Через те що метод виявлення атак на базі сигнатур є статичним, він є вразливим до нових типів атак. Для виявлення нових типів атак необхідно використовувати системи виявлення, що здатні до самонавчання у реальному часі. Створення ефективної системи виявлення атак вимагає застосування якісно нових підходів до обробки інформації, які повинні ґрунтуватися на адаптивних алгоритмах здатних до самонавчання. Найбільш перспективним напрямком у створенні подібних систем виявлення атак є застосування засобів штучного інтелекту.

До таких систем належать методи класифікації засновані на алгоритмах машинного навчання (навчання з вчителем). Алгоритми навчання з вчителем використовують набір даних типу «запит – відповідь», де запитом може виступати мережевий пакет та поточний стан мережі або хоста, а відповіддю є значення «0» (нормальний запит) або «1» (вторгнення). Дані системи можуть продовжувати навчання у реальному часі після початкового навчання.

Для виявлення нових типів атак також використовуються системи виявлення вторгнень на основі аномалій. На базі набору запитів формується модель нормальної поведінки, з якою порівнюються кожен поточний запит до системи.

Існує велика кількість алгоритмів класифікацій та виявлення аномалій, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

Проведено дослідження ефективності обраних інтелектуальних засобів у задачі ідентифікації та класифікації мережеских атак. У якості набору даних мережевого трафіку використовувався набір даних DARPA IDS 1999, що складається майже з 5 мільйонів записів, де кожен представлений не тільки характеристиками IP пакету, а й характеристиками більш високого рівня. Набір даних складається з 5 видів мережеских пакетів: нормальні, атака DoS (Denial of Service), атака Probe, атака R2L (Remote to Local), атака U2R (User to Remote). У якості навчальної вибірки використовувалося приблизно 90% загальної вибірки. Тестова та навчальні вибірки нараховували у собі всі види пакетів, але у навчальній вибірці були відсутні декілька типів атак з кожного класу атак.

Проведено дослідження ефективності моделі логістичної регресії у задачі ідентифікації мережеских атак. Коректність фінальної моделі на тестовій вибірці складає 98.96%, точність – 99.68%, повнота – 99.02%, F1-міра – 99.35%. Коректність на нових типах атак класу DoS – 53%, Probe – 45%, R2L – 100%, U2R – 100%.

Проведено дослідження ефективності моделі штучної нейронної мережі прямого поширення у задачі ідентифікації мережеских атак. У якості моделі було використано ШНМ 119-8-8-1 з функцією активації Leaky-ReLU. Коректність фінальної моделі на тестовій вибірці складає 99.83 %, точність – 99.96 %, повнота – 99.83 %, F1-міра – 99.9 %. Коректність на нових типах атак класу DoS – 98.1 %, Probe – 87.4 %, R2L – 50 %, U2R – 100%.

Проведено дослідження ефективності моделі штучної нейронної мережі прямого поширення у задачі класифікації мережеских атак. Коректність фінальної моделі на тестовій вибірці складає 99.55 %, точність – 99.49 %, повнота – 99.83 %, F1-міра – 99.65 %. Коректність на нових типах атак класу DoS – 89.39 %, Probe – 44.15 %, R2L – 0%, U2R – 0 %.

Відповідно до вищезазначених аргументів можна прийти до висновку, що використання технологій машинного навчання є ефективним при їх застосуванні у розв'язку задач виявлення вторгнень,

- [1] Verizon 2018 Data Breach Investigations Report – 2018. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://enterprise.verizon.com/resources/reports/DBIR_2018_Report.pdf
- [2] Гудфеллоу Я., Бенджо І., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. 2-е изд., испр. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
- [3] Leslie F. Sikos. AI in Cybersecurity. New York : Springer, 2018. 205 p.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN SYSTEMS OF DETECTION OF INTRODUCTION

I. Zhukovyts'kyi, I. Tsykalo

*Dnipro National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan
ivzhuk@diit.edu.ua*

The possibility of using an artificial neural network to detect intrusions into an information system is being considered. The shown efficiency of the direct distribution artificial neural network model in the identification and classification of network attacks.

ПРОГНОЗУВАННЯ ДАНИХ В УМОВАХ НАЯВНОСТІ АНОМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ

О. Пічулін, С. Вовк

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
pichulin_oleksii@ukr.net

Прогнозування даних в умовах наявності аномальних значень є одним з актуальних і затребуваних завдань у багатьох областях прикладних досліджень [1]. Складність вирішення цього завдання обумовлена випадковістю появи аномальних значень, які розташовуються в заздалегідь невідомих місцях зареєстрованих масивів даних. Наявність аномальних значень істотно ускладнює побудову адекватної моделі даних [2] й виконання достовірного прогнозу на їх основі.

В [3] наведено огляд різних методів обробки даних за наявності в них шуму та грубих помилок. В ньому зазначено два можливих підходи до обробки даних з аномальними значеннями. Перший підхід полягає у виконанні попередньої обробки даних з метою виявлення аномальних значень та їх виключення з розгляду на наступних етапах аналізу даних, побудови моделі даних і виконання прогнозу. Отже, в рамках першого підходу аномальні значення повинні бути або безпосередньо виключені з даних, що призводить до необхідності виконання відносно складної процедури перезапису та упорядкування даних, або повинні бути помічені спеціальною міткою як неварті до застосування. Другий підхід полягає в побудові нових або в застосуванні відомих робастних методів, які після виконання їх налаштування на поточне шумове оточення мають забезпечувати нечутливість отриманого результату до появи аномальних значень в даних. Слід зазначити, що обидва ці підходи вимагають наявності відповідного програмного середовища, яка придатне забезпечити їх ефективну реалізацію на практиці. Одним з них є програмне середовище Novo Forecast, що входить в сучасний пакет Excel.

Програмне середовище Novo Forecast призначене для виконання прогнозу майбутніх подій. Воно дозволяє автоматично виділяти викиди та грубі помилки, тобто дозволяє реалізувати зазначений вище перший підхід до обробки даних з аномальними значеннями. При цьому викидами вважаються значення, які випадають із загальної картини, а грубими помилками - значення, які на порядок гірше викидів. Важливо відзначити, що в цьому середовищі традиційними моделями прогнозу є експоненціальна $f(x) = Ae^{\alpha x}$, лінійна $f(x) = Ax + B$, логарифмічна $f(x) = A \ln(x) + B$, поліноміальна $f(x) = a_m x^m + \dots + a_1 x + a_0$, де $2 \leq m \leq 6$, і степенева $f(x) = Ax^\alpha$ залежності. Однак рішення задачі автоматичного виділення викидів і грубих помилок виконується без їх участі на основі статистичних методів, що може призводити до помилок при побудові моделі даних. З іншого боку, традиційне використання пакета Excel в інтерактивному режимі для вирішення завдання виділення викидів полягає в побудові деяких довірчих інтервалів, за межами яких значення вважаються викидами. При цьому можна використовувати як стандартний підхід на основі нерівності Чебишева і в припущенні нормального закону розподілу, так і непараметричний підхід, пов'язаний з побудовою зовнішніх або внутрішніх кордонів Тюки на основі міжквартильного інтервалу. У першому випадку нижня t_H і верхня t_B межі довірчого інтервалу визначаються через заданий рівень значимості q у вигляді: $t_H = \bar{x} - \lambda_{q,m} \hat{\sigma} / \sqrt{N}$ і $t_B = \bar{x} + \lambda_{q,m} \hat{\sigma} / \sqrt{N}$, де $\bar{x}$ є вибіркове середнє, $\hat{\sigma}$ є оцінка стандартного відхилення, а $\lambda_{q,m}$ є значення квантиля

розподілу Стюдента залежно від q і від числа ступенів свободи $m = N - 1$, де N задає обсяг вибірки (в зокрема, для $q = 0,05$ і $N \rightarrow \infty$ маємо певне значення $\lambda_{q,N-1} = 1,96$). У другому випадку для внутрішніх кордонів використовуються величини $t_H = x_{(1/4)} - 1,5[x_{(3/4)} - x_{(1/4)}]$ і $t_B = x_{(3/4)} + 1,5[x_{(3/4)} - x_{(1/4)}]$ а для зовнішніх кордонів використовуються величини $t_H = x_{(1/4)} - 3[x_{(3/4)} - x_{(1/4)}]$ і $t_B = x_{(3/4)} + 3[x_{(3/4)} - x_{(1/4)}]$, де $x_{(1/4)}$ і $x_{(3/4)}$ позначають перший і третій квартилі розподілу. Ті значення, які не потрапляють в заданий довірчий інтервал, вважають викидами, причому якщо такі значення вкрай екстремальні, то їх вважають грубими помилками. На рис.1 наведені результати моделювання процесу виявлення викидів додатком Novo Forecast на прикладі синтезованих даних, які представляють собою значення лінійної функції малого нахилу. Видно, що викиди виявляються вірно. Тому подальше використання цих даних без урахування виокремлених викидів та з використанням лінійної моделі даних призводить до правильного прогнозу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	2	3	4	5	6	100	8	9	
2	1	2	3	4	1000000	7	8	9	10	
3										

Рис. 1 – Виявлення викидів в даних.

В доповіді наводяться також приклади прогнозування даних, поданих поліноміальними моделями третьої, четвертої та п'ятої степені. При цьому підкреслюється, що рішення проблеми отримання якісного прогнозу суттєво залежить від відповідності дійсної моделі даних та очікуваної моделі даних, а також від наявності в даних шумової складової та аномальних значень.

- [1] Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys. Vol. 41. (2009). P. 15-58.
- [2] Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок: учебник для вузов. М.: Мир. (1985). 282 с.
- [3] Vovk S. M., Hnatushenko V. V. Criteria and techniques for processing noisy data with anomalous values. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 6 (2018). С. 12 – 26.

DATA FORECASTING IN PRESENCE OF ANOMALOUS VALUES

A. Pichulin, S. Vovk

*Oles Honchar Dnipro National University
pichulin_oleksii@ukr.net*

The problem of data forecasting in presence of anomalous values is discussed. To solve this problem, it is proposed to use the Novo Forecast tools. The proposed approach consists in the search of anomalous values in data and deleting these values before creating the data model. Numerical simulations confirmed the performance of proposed approach for linear and polynomial model types.

USE OF THE E-LEARNING IN THE EDUCATIONAL PROCESS

A. Zavalska, N. Karpenko, D. Klitsenko

Oles Honchar Dnipro National University

zavalskaya04@gmail.com

Changing the daily habits of young people towards an increase in Internet time should lead to a change in the educational process. First of all, the maximum changes should be in university, as more and more young people want to work in parallel with education. New technologies have come to the aid of traditional forms of learning, replacing some old educational methods. Yes, the authors of article [1] have shown how to extend the ability to convey material and get feedback through modern IT.

The main thing that gives e-learning is the opportunity for many people to re-use educational content, including online, with real-time access. At the same time, they can not only watch the creative process of creating content, but also participate in it. Forms of e-learning around social networks social networks, forums, chats. Speaking about how e-learning differs from traditional learning, it should be noted that from any e-learning resource, hyperlinks can be transferred to other resources, which already means access to new content.

With the help of e-Learning, e-Pedagogy - e-pedagogy and andragogics [2] began to emerge. It shapes other teachers' behavior. Yes, a traditional lecture involves communicating information that is unfamiliar to the audience, and e-Learning assumes that all learning materials are designed and presented for access in different presentation formats. Therefore, a modern lecturer can replace the lecture with a creative discussion by first providing students with the addresses of key sources and reminding them of the need to take the initiative in finding additional sources.

This form of training is introduced by some teachers at the department of ECS of the Oles Honchar Dnipro National University. And it really works! Students feel more comfortable in such classes, can take initiative, discuss and so on. This is made possible by the fact that each student has a laptop or a telephone with access to the Internet, where lectures are given. In this case, there is considerable time savings as students should not to summarize the lecture material. Another great advantage of electronic synopsis is that it contains all the material (terms, formulas, explanations, drawings, diagrams, tables, etc.) that the teacher wants to convey, rather than the catchy phrases most commonly found in abstracts. And the task of the teacher in this case is to direct the discussion in the right direction, to have answers to additional questions that students may have (and these questions are not necessarily relevant to the topic but may be related in some way).

There are many tools available to help you organize e-Learning. The main requirements that we have made for learning systems are:

- ✓ free use of the resource;
- ✓ does not require installation on your phone / computer;
- ✓ Ease of use and access to create or download educational content;
- ✓ the possibility of feedback to test the knowledge (testing), questions that students have during the lecture, etc.;
- ✓ possibility of holding a webinar.

Lectures and practice materials were posted on Google Disc and OneDrive. Access to the material is provided via email or link. Because the link has a very difficult to remember form (for example, https://drive.google.com/open?id=15qYL6L0Af3a_BjVuD2kH-9LoCKjV9OT6), and the idea is to use a QR code that can be quickly read by a QR scanner on your phone and get to the right lecture.

A very interesting tool is Google Forms, which has been successfully used for surveys. The tool also allows you to analyze the data obtained and to generate automatic reports on the data. Microsoft Forms has a similar functionality, which has a certain advantage - because Microsoft grants a license to its products to the faculty and students of DNU. O. Honchar, then all the email addresses are already in the contacts and can be pulled up for a separate group.

This is one of the tools mastered for webinars is Zoom. This tool allowed students to listen to a lecture, even while not in the audience. The main purpose of this tool, especially in the latest courses, was that the specialty of Computer Engineering specialty needed to teach the student, including the development of complex information systems. And this material cannot be comprehensively presented on the board because the solution consists of several projects, and each project contains many files that are linked. The solution to this situation is a webinar where the teacher demonstrates his or her computer desktop and can navigate through all files of project, and students track lecturer's movements on their computers, tablets, or phones.

Summarizing, it should be said that the introduction of e-Learning is a requirement of the present and our task is to adapt IT smoothly to the educational process. Why smoothly? Because this kind of training requires several conditions, namely: students have mobile electronic devices with the possibility of connecting to the Internet (for class work), the availability of uninterrupted The Internet with enough speed for real-time data transmission, the desire of students to work independently on e-learning materials, the need for student work on themselves in terms of transition from the role of the listener to the role of an equal interlocutor, which collects material for analysis.

- [1] Литвинов А. А., Карпенко Н. В. Особенности применения личностно-деятельного подхода при подготовке специалистов в области информационных технологий. //Системні технології. – 2018. – 1 (114). – с. 79-84.
- [2] Jozef Simutha, Ivan Sarmany-Schuller. Principles for e-pedagogy. // Social and Behavioral Sciences 46 (2012) 4454 – 4456.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ СУЧАСНИХ ВЕБ ДОДАТКІВ

Т. Магро

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
magro.tanya2602@gmail.com*

Створення та розвиток глобальної інформаційної інфраструктури майже у всіх країнах земної кулі надало суттєвого прискорення вдосконаленню обчислювальної техніки. Дана техніка з одного боку має суттєво вищу швидкість обчислення, з іншого боку така техніка стає дедалі все меншою за об'ємом, що дозволяє використовувати її в усіх сферах діяльності людини, зокрема у побуті.

Такий розвиток інформаційних технологій призвів до тотального використання технологій у всіх сферах життя людини, і як наслідок до створення нової концепції мережі – «Інтернету речей». Глобалізація, що виникла на цьому тлі, викликала проблему у комунікації між людьми з різних частин світу. Через те що інформаційні технології

дають можливість спілкуватись з будь якою особою, в будь якій точці землі, виникає проблема комунікації і знання іноземної мови.

Одним з найбільш перспективних напрямів у вивченні іноземних мов є використання комп'ютерних навчальних систем. Існує багато різновидів таких систем, але дослідження показують, що найбільш розвиненими та ефективними різновидами електронних навчальних систем є тренажери та симулятори. Одним із можливостей занурення в мовне середовище за допомогою комп'ютерних програм є навчання на основі сценаріїв [1, 2].

В роботі [2] на основі теорії засвоєння показано, що у особи яка вивчає мову мовна структура виникає внаслідок використання мови. Процес вивчення мови включає в себе запам'ятовування як рівні окремих слів, так і правил граматики, оскільки структура мови виникає із закономірностей використання поодиноких висловлювань. Історично структура мови виникає через процеси використання граматичних правил. Онтогенетично діти чи особи що вивчають мову чують окремі висловлювання і потім (повторно) будують абстрактні конструкції мови. Все це відбувається за загальними когнітивними процесами, і універсальї мовної структури впливають з того, що особа що формує мовну конструкцію використовує однаковий мовний набір, який є зрозумілий іншим особам.

На основі теорії засвоєння мови [1] було розроблено веб додаток, який дозволяє користувачеві засвоїти англійську мову. Додаток розроблено згідно з усіма сучасними підходами і принципами веб розробки.

Серверна частина додатку реалізована на .Net. До неї було розроблено клієнтський веб додаток на стеку технологій React-Redux. Додаток абсолютно безкоштовний, на відміну від інших додатків для вивчення мови. В додаток можна завантажувати аудіо, на основі якого можна потім створити сценарії для вивчення мови. Зручний інтерфейс дозволяє зручно взаємодіяти зі створеними сценаріями.

[1] Tomasello M. The usage-based theory of language acquisition. Ed. by E.L. Bavin. Cambridge: Cambridge University Press. (2015). P. 89-106.

[2] Tomasello M. Constructing a Language. Cambridge, MA: Harvard University Press. (2005). 388 p.

RESEARCH METHODS OF MODERN WEB SITE DEVELOPMENT

T. Magro

*Oles Honchar Dnipro National University
magro.tanya2602@gmail.com*

Based on the theory of language acquisition, a web application was developed that allows the user to learn English. The application is designed in accordance with all modern approaches and principles of web development.

The server side of the application is implemented on .Net. It was developed by a client web application on the React-Redux technology stack. The app is completely free, unlike other language learning apps. In addition, you can download audio, which you can then use to create scripts to learn the language. The user-friendly interface allows you to easily interact with the created scripts.

КУБАТУРНА ФОРМУЛА ПО ОКТАЕДРУ ДЛЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО ПОЛІНОМА ОКРЕМОГО ВИДУ

А. Мотайло, В. Алексенко

Херсонська державна морська академія

kafedra.pnp@ukr.net

Більшість задач аналізу технічних систем зводиться до розв'язання систем диференціальних рівнянь. У випадку, коли математична модель технічної системи не має аналітичного розв'язку, застосовують чисельні методи, зокрема, метод скінченних елементів (МСЕ). Дискретною моделлю даного метода є система лінійних алгебраїчних рівнянь, яка містить скінченно-елементні матриці (жорсткості, мас, демпфірування). Для знаходження елементів вказаних матриць застосовують чисельне інтегрування по області комірки скінченно-елементної решітки добутків базисних функцій та їх похідних. У випадку, коли розрахункова область дискретизована решіткою, яка містить скінченні елементи (СЕ), які не представлені у бібліотеках систем скінченно-елементного аналізу (ANSYS, NASTRAN, ЛІРА тощо), необхідно розв'язати задачу чисельного інтегрування по області нового СЕ. У роботі [1] показано, що при розв'язанні задач візуалізації тривимірних об'єктів решітка із комірками у формі октаедра з кусково-лінійними базисними функціями, є ефективнішою за часом обчислень порівняно з тетраедральною решіткою. У роботі [2] продовжено дослідження властивостей решітки тетраедрально-октаедральної структури. Авторами [2] побудовано низку систем базисних функцій октаедра та обчислено локальні характеристики даного СЕ з різними наборами базисних функцій. За результатами порівняльного аналізу виявлено, що за двома характеристиками у вигляді значень визначника та числа обумовленості у нормі L_2 матриці мас октаедра з тригонометричними базисними функціями наділений кращими інтерполяційними якостями. Мета даної роботи – побудувати кубатурну формулу по області октаедра з тригонометричним базисом для обчислення елементів скінченно-елементних матриць.

Нехай $\Omega = \{(x, y, z) : |x| + |y| + |z| \leq 1\}$ – область інтегрування у формі октаедра. Тоді для октаедра з тригонометричними базисними функціями елементи матриці жорсткості $k = [k_{pq}] = \iiint_{\Omega} B^T D B dx dy dz$, де $B^T = (\partial \varphi_r / \partial x, \partial \varphi_r / \partial y, \partial \varphi_r / \partial z)$ – матриця градієнтів базисних функцій $\varphi_r = \varphi_r(x, y, z)$, D – матриця пружності, є тригонометричними поліномами виду

$$T_1(x, y, z) = \sum_{|\alpha|=0}^1 a_{\alpha} \cos(\alpha_1 \pi x) \cdot \cos(\alpha_2 \pi y) \cdot \cos(\alpha_3 \pi z), \quad (1)$$

де a_{α} – коефіцієнти, $\alpha = \alpha(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ – мультиіндекс, $|\alpha| = \sum_{i=1}^3 \alpha_i$, $\alpha_i = \{0, 1\}$, $i = \overline{1, 3}$. Функції $T_1(x, y, z)$ є парними за кожним аргументом та $2l_1$ -періодичними, де $l_1 = 1$. Елементи матриці мас $g = [g_{rs}] = \iiint_{\Omega} \varphi_r \varphi_s dx dy dz$, де $r, s = \overline{1, 6}$, є тригонометричними поліномами виду

$$T_2(x, y, z) = B_0 + \sum_{|\beta|=0}^2 b_{\beta} \sin(\beta_1 \pi x / 2) \cdot \sin(\beta_2 \pi y / 2) \cdot \sin(\beta_3 \pi z / 2), \quad (2)$$

де B_0, b_β – коефіцієнти, $\beta = \beta(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ – мультиіндекс, $|\beta| = \sum_{i=1}^3 \beta_i$, $\beta_i = \{0, 1\}$, $i = \overline{1, 3}$. Функції $T_2(x, y, z)$ є непарними за кожним аргументом та $2l_2$ -періодичними, де $l_2 = 2$.

Враховуючи геометрію області Ω та структурні властивості функцій $T_1(x, y, z)$ та $T_2(x, y, z)$, побудуємо кубатурну формулу:

$$\iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz \approx \sum_{i=1}^6 A_i f(x_i, y_i, z_i) = I_R(f), \quad (3)$$

де $f(x, y, z)$ – неперервна на Ω функція, A_i – вагові коефіцієнти, (x_i, y_i, z_i) – вузли інтерполяції, які розташовані на півосях октаедра на відстані p від центра $(0, 0, 0)$.

Вважаючи, що формула (3) є точною для тригонометричного полінома окремого виду $T(x, y, z) = T_1(x, y, z) + T_2(x, y, z)$, отримаємо $A_i = 2/9$, $p = (1/\pi) \arccos(18/\pi^2 - 2)$. Тоді формула (3) запишеться у вигляді:

$$\iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz \approx (2/9)(f(\pm p, 0, 0) + f(0, \pm p, 0) + f(0, 0, \pm p)), \quad (4)$$

де $p = (1/\pi) \arccos(18/\pi^2 - 2)$.

Точність формули (4) перевірено при обчисленні елементів матриць жорсткості та мас лінійного октаедра з тригонометричними базисними функціями.

Похибка у нормі $C(\Omega)$ становить $\Delta_k = \max_{k_{pq}, p, q=1, 6} |R_4(f)| = 1.88 \cdot 10^{-10}$ для $f = k_{pq}$ та

$\Delta_g = \max_{g_{rs}, r, s=1, 6} |R_4(f)| = 1.1 \cdot 10^{-10}$ для $f = g_{rs}$, де $R_4(f) = \iiint_{\Omega} f(x, y, z) dx dy dz - I_R(f)$ –

залишок кубатурної формули. На рис.1 зображено розподіл похибки за елементами локальних скінченно-елементних матриць октаедра.

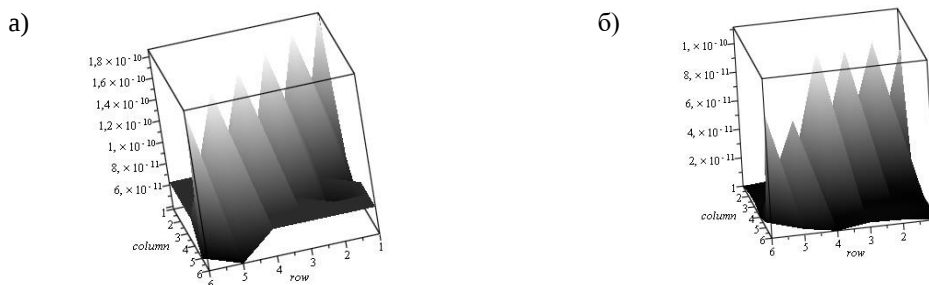


Рис. 1. Розподіл похибки $|R_4(f)|$ за елементами: а) матриці жорсткості; б) матриці мас

Висновки. У роботі побудовано інтерполяційну кубатурну формулу по області октаедра з 6 вузлами інтерполяції, яка є точною для тригонометричних поліномів окремого виду. Отримані результати перевірено при обчисленні елементів локальних матриць жорсткості та мас для системи тригонометричних базисних функцій октаедра.

[1] Grosso R., Greiner G. Hierarchical Meshes for Volume Data. Computer Graphics International 1998: Proceeding of the Conference (Washington, July 22–27, 1998). Washington, 1998. P. 761–771.

- [2] Мотайло А. П., Хомченко А. Н. Порівняльний аналіз базисів октаедра. Новітні наукові досягнення – 2013: матер. IX Міжнар. наук.-практ. конф. Серія: Математика (Софія, 17–25 березня 2013). Софія, 2013. Т. 21. С. 28–33.

CUBATURE FORMULA FOR TRIGONOMETRIC POLYNOMIAL OF TYPE OF PART ON OCTAHEDRON

A. Motailo, V. Aleksenko

*Kherson State Maritime Academy
kafedra.pnp@ukr.net*

One of requirements to the mathematical model of the technical system there are minimization of the use of machine resource at the receipt of decision of the differential equations system. One of methods of implementation of requirement there is the use in the finite elements method (FEM) of alternative lattices, in particular, of the tetrahedral-octahedral structure. For realization of algorithm of FEM with the use of octahedron it is necessary to get the formulas of numeral integration for the areas of this polyhedron.

In this article the cubature formula of with 6 knots of interpolation for the areas of octahedron is constructed. This formula is exact for the trigonometric polynomial of type of part. The got results are tested at the calculation of elements of local matrices of stiffness and masses for the system of trigonometric bases functions of octahedron. Exactness of the dot results satisfies to the engineering requirements.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ САЙТУ ФАКУЛЬТЕТУ ФЕКС

Д. Мороз

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dmitriy@moroz.cc*

Останнім часом спостерігається тенденція різкого збільшення кількості смартфонів та планшетів відносно комп'ютерів. Згідно з останньою статистикою, використання інтернет трафіку у світі, кількість загального трафіку мобільних пристроїв на 2% більше від кількості трафіку персональних комп'ютерів [1]. Причинами такого збільшення стали декілька факторів, а саме: доступні ціни на смартфони, розширення карти покриття мереж 3G та 4G серед вітчизняних мобільних операторів, випуск провідними компаніями оновлень для мобільних версій своїх браузерів, що дозволило оптимізувати час завантаження веб-сторінки в умовах відсутності стабільного з'єднання з мережею інтернет.

Не останню роль в цій тенденції відіграє фактор зручності перегляду контенту, адже є інформація яку складно представити в зручному вигляді для перегляду на екрані мобільного пристрою. Яскравим прикладом таких даних є електронні таблиці, які потребують від користувача більшої взаємодії з пристроєм для навігації і перегляду.

Розглянемо офіційний сайт факультету Фізики, електроніки та комп'ютерних систем. Сайт розроблено на платформі WordPress, шаблон адаптується для перегляду на мобільних пристроях. Функціонал налічує розділ з новинами, інформаційні сторінки, форму для зворотного зв'язку з адміністрацією факультету. Трафік сайту відстежується за допомогою аналітичної платформи Google Analytics, згідно останніх даних більша частина трафіку сайту надходить саме з мобільних пристроїв, а саме 50,8% становлять смартфони та 1,8% планшети комп'ютери. Отже є доцільність розробки окремого мобільного додатку.

Кількість сесій по типам устроїв

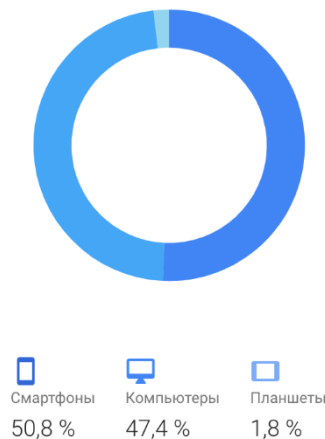


Рис. 1. Діаграма трафіку сайту за типами пристроїв станом на вересень 2019 р.

Сучасні мобільні операційні системи та засоби для створення мобільних додатків надають більше можливостей для розробки різноманітного й інтерактивного функціоналу ніж засоби розробки веб-додатків. Так як система WordPress має вбудований API для отримання даних з сайту [2], є можливість взаємодії з даними, що зберігаються в базі даних сайту. Функціонал розділу новин можна доповнити функцією відправки системного повідомлення користувачу при додаванні нового запису. Функціонал віджета з мапою в нижній частині сайту можна доповнити функцією прокладання шляху від поточної геолокації смартфона до потрібного корпусу факультету. Також можна додати й новий функціонал, наприклад, використовуючи API, можна отримувати набір даних з розкладом дзвінків з сервера, та давати кінцевому користувачу (в даному випадку студенту) встановити налаштування системного повідомлення про початок заняття, що дозволить зменшити кількість запізнь.

Після затвердження функціоналу, слід розглянути технології, що треба застосувати для його реалізації. Використаємо такий стек технологій платформи Android, що є рекомендованим компанією Google: мова програмування Kotlin, бібліотеки Retrofit2 та OkHTTP для роботи з WordPress REST API, RxKotlin для асинхронної обробки даних, ViewModel та LiveData для тимчасового зберігання даних, Room Database для постійного зберігання даних.

Проаналізувавши трафік сайту, веб-сторінки, зміни, що дають змогу розширити функціональність сайту, а також наявність технологій, що дозволяють реалізувати заплановані функції, робимо висновок, що розробка окремого мобільного додатку є

доцільною, та дозволить спростити процес сповіщення студентів важливою інформацією.

- [1] Інтернет-тенденції 2019 року. [Електронний ресурс] // uk.vpnmentor.com – Режим доступу <https://uk.vpnmentor.com/blog/інтернет-тенденції-року-статистика>
[2] WordPress [Електронний ресурс] // wikipedia.org – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WordPress>.

INVESTIGATION OF THE FEASIBILITY OF DEVELOPING A MOBILE APPLICATION FOR EXTENDING THE FUNCTIONALITY OF THE PECS FACULTY SITE

D. Moroz

*Oles Honchar Dnipro National University
dmitriy@moroz.cc*

In this paper proposed investigation cases for the feasibility of developing application for mobile devices, extending functionality and usability based on existing content by implementing mobile system features, using existing official PECS faculty website as example.

РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ З ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

М. Фасто, В. Машевський

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
qqalopruset@gmail.com*

За останні роки з ростом людських потреб відбувся і величезний ривок у розвитку комп'ютерних технологій. Розпізнавання відеозображень та цифрових зображень почало активно застосовуватися в різних сферах для автоматизації процесів обробки інформації. Яскравим прикладами є моментальні перекладачі, автоматичні системи доступу до приміщень та інше. Найбільш важливою причиною розвитку таких систем є економія людських ресурсів, часу на виконання завдання та мінімізацію помилок.

У роботі був реалізований додаток за допомогою якого можна визначити номерні знаки автомобілів в автоматичному режимі. Додаток реалізований на основі нейронних мереж. Нейронні мережі широко використовуються для вирішення складних завдань, які вимагають аналітичних обчислень подібних тим, що робить людський мозок. Найпоширенішими застосуваннями нейронних мереж є: класифікація, передбачення та розпізнавання зображень [1,2].

В додатку для реалізації розпізнавання номерних знаків було використано метод - дерево ухвалення рішень. Даний метод використовується в галузі статистики та аналізу даних для створення прогностичних моделей [3]. Структура дерева містить такі елементи: «листя» і «гілки». На ребрах («гілках») дерева ухвалення рішення записані атрибути, від яких залежить цільова функція, в «листі» записані значення цільової функції, а в інших вузлах — атрибути, за якими розрізняються випадки. Щоб класифікувати новий випадок, треба спуститися по дереву до листа і видати відповідне значення. Подібні дерева рішень широко використовуються в інтелектуальному аналізі даних. Мета полягає в тому, щоб створити модель, яка прогнозує значення цільової змінної на основі декількох змінних на вході.

Додаток створено для використання в системі Matlab. Вхідними даними для додатку є відеозображення на якому присутній автомобільний реєстраційний номерний знак. Це відеозображення розділяється на фрейми на кожному з яких є номерний знак. Всі фрейми проходять попередню обробку яка полягає в тому що виділяється область зайнята автомобільним номером це зображення позбавляється від шуму та обирається найякісніше зображення по співпадінню з еталонними шрифтами які використовуються в автомобільних номерних знаках. Розпізнавання символів виконується за допомогою підрахунку сумарної ваги.

Результатом роботи додатку є номерний знак в текстовому вигляді. Для додатку розроблений зручний графічний інтерфейс, який дає можливість звичайному користувачу розпізнавати реєстраційні номерні знаки транспортних засобів використовуючи звичайні відеозаписи дорожнього руху.



Рис. 1. Приклад роботи додатку.

- [1] Книга Ф.Уосермена «Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика»
- [2] М., Bishop, Christopher (1995). *Neural networks for pattern recognition*

- [3] Laboratory of Mathematical Logic «Дерево Ухвалення Рішень. Глава 1» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/teaching/ml/notes-01-dectrees.pdf>

CAR LICENSE NUMBER RECOGNITION FROM VIDEO RECORDINGS USING NEURAL NETWORKS

M. Fasto, V. Mashevskyi

*Oles Honchar Dnipro National University
qqalopruevet@gmail.com*

Neural networks are increasingly involving into all aspects of human being. They are used in a wide variety of areas starting from using in simple online translators up to solving complex forecasting problems. The abstract presents the results of developing a software application for recognizing car license numbers. The application is based on the Decision Tree Method and is realized to work with Matlab. The main feature of this application is the ability to use video recordings of traffic as source data for determining registration numbers. The application can be useful for identifying violators of traffic rules.

МЕТОДИ СТРУКТУРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЕБ-СИСТЕМ

Т. Чурсіна

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
tetiana.chursina@nure.ua*

Одним із найпопулярніших напрямків розробки програмного забезпечення на сьогоднішній день є розробка веб-орієнтованих систем. Серед факторів, що визначають популярність веб-додатку, одними з найважливіших є швидкість завантаження його сторінок, а також швидкість реакції сторінки на дії користувача. Тому проблема оптимізації веб-систем на сьогоднішній день не втрачає актуальності [1].

Одним із найпопулярніших інструментів перевірки показників швидкості завантаження та роботи сторінок веб-сайтів є Google Page Speed Insights. Цей безкоштовний онлайн-сервіс виділяє наступні параметри:

- час завантаження першого контенту (час від початку завантаження до моменту появи принаймні одного елементу сторінки);
- індекс швидкості завантаження (показує, наскільки швидко контент сторінки стає доступним для перегляду);
- час завантаження достатньої частини контенту (час від початку завантаження до промальовки першого екрану, що бачить користувач);
- час закінчення роботи ЦП (період часу до моменту, коли сторінка може реагувати на дії користувача);

- час завантаження для взаємодії (час, за який сторінка повністю завантажеться і готова до взаємодії).
- приблизний час затримки при вводі (показує середній час реакції сторінки на дії користувача в найбільш зайняті 5 секунд під час завантаження) [2].

Слід зазначити, що зазначені фактори тісно пов'язані з циклом завантаження сторінки. Нижче наведений поетапний процес завантаження сторінки сайту в браузері.

1. Обробка запитів до DNS-серверу, по суті це запит до хоста, на якому розміщено сайт.
2. Обробка HTTP-перенаправлень.
3. Підключення до сервера.
4. Отримання відповіді сервера.
5. Обробка HTML – час, протягом якого браузер обробляє вміст сторінки після її завантаження з сервера та до початку формування структури DOM.
6. Формування структури DOM.
7. Повне завантаження сторінки з усіма її компонентами (зображення, CSS, JavaScript).

Оптимальна швидкість завантаження веб-сторінки складає 2-3 секунди, однак не завжди вдається досягти такого показника. Досить часто веб-сайти, зокрема великі інтернет-магазини, завантажуються довше. Виходячи з вищенаведених етапів, задачу оптимізації швидкості завантаження веб-сторінки можна розбити на такі частини:

- збільшення швидкодії сервера та швидкості інтернет-з'єднання;
- оптимізація роботи бази даних;
- оптимізація програмного коду, як серверного, так і клієнтського. Цей пункт буде детальніше розглянуто далі.

Одним із методів серверної оптимізації є налаштування серверного кешування. У цьому випадку після кешування даних сервер звертатиметься до локальної версії сторінки, а не буде завантажувати її заново щоразу. Також важливим є рефакторинг серверного коду, що дозволяє спростити необхідний код та вилучити зайвий.

Щодо клієнтської частини веб-системи, необхідно виправити помилки в HTML коді. Окрім цього, має значення місце розміщення скриптів та стилів. CSS необхідно розміщувати вгорі, щоб стилі почали відображатися одразу після початку завантаження сторінки. Це додасть шансів утримати користувача на сторінці. Підключення JavaScript-файлів навпаки, краще перенести донизу сторінки, якщо це не викличе помилки скриптів. Кажучи про файли скриптів та стилів, варто зазначити, що зазвичай вони є досить громіздкими, тому дієвим є видалення зайвих символів: пробілів, коментарів, переносів рядків, табуляції. Для цього існують спеціальні сервіси-компресори. Також не варто забувати про стиснення зображень, оскільки користувачам зазвичай не потрібна їх висока деталізація, особливо якщо вони переглядають сайт за допомогою мобільних пристроїв [3].

Отже, під час розробки веб-систем слід враховувати, що швидкість завантаження сторінок є одним із найважливіших параметрів якості системи. При виконанні вищезгаданих рекомендацій щодо оптимізації, швидкість завантаження сторінок веб-системи можна наблизити до значень, що будуть задовільними для користувача.

- [1] Сергеев С. Ф. "Методы тестирования и оптимизации интерфейсов информационных систем." (2013). С. 49.
- [2] Скорость загрузки сайта — что нового в Google PageSpeed Insights в 2019 (сентябрь) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ax.digital/new-google-pagespeed-insights-2019/>.

- [3] Скорость загрузки страницы: метрики, инструменты и способы повышения [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://blog.cybermarketing.ru/skorost-zagruzki-stranicy-metriki-instrumenty-i-sposoby-povysheniya/>

STRUCTURAL OPTIMIZATION METHODS OF THE WEB-SYSTEMS

T. Chursina

*Kharkiv National University of Radio Electronics
tetiana.chursina@nure.ua*

Web development is one of the leading software development industries. One of the most important indicators of a web resource is page loading speed. It can directly influence the popularity of a web resource and, accordingly, the prospects for its further development. The purpose of this work is to view page loading speed indicators, to study the reasons of reducing the loading speed, as well as to consider already known approaches and list methods of optimizing web application speed.

AUTOMATED SPECTRAL ANALYSIS OF QUASIPERIODIC SIGNALS

D. Shulga, N. Botsva, D. Chernetchenko, A. Balahanova

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

Extracting of spectral components from biosignals that are formed as overlay of multiple signals is very important problem in current physics and biophysiology experiments. Accurate frequency domain mathematical processing of Heart Rate Variability (HRV) is one of such problems, because of multiple influence of different factors or modulators, such as breathing patterns which has own modal frequencies in general spectrum. However, these modulators have well-researched parameters and can be measured using special hardware.

In the work, complex signals spectrum analysis was executed for typical physiological signals, which are quasiperiodic signals.

Electrocardiographic biosensor was used for registration ECG signal for further HRV analysis processing, and photoplethysmography (PPG) sensor – for extraction breathing (or respiration) signal for further automated software spectrum analysis to perform mutual compensation on HRV spectrum signal.

To provide the process of recording physiological signals and to study the processes of respiration, a complex was developed based on the STM32L151 microcontroller platform with the ARM Cortex-M1 core [1]. A portable standalone integral sensor from Texas Instruments was used to record the ECG signal. A three-beam light sensor was used to detect the pulse wave and the PPG signal. The data from the sensor was transmitted directly to the PC via the UART interface, the data from the ECG sensor was transmitted via Bluetooth 4.2 BLE to a mobile phone, which, after recording data, was synchronized from the PC in manual mode. The device powered by 3.7V Li / Po 200mAh battery to reduce interference from external fields.

The sensor SFH 7050 was used to produce a PPG signal by the method of light reflection, and is an integral means for processing an optical signal with high-efficiency LEDs and sensitive to radiation in a specific spectral range of the sensor. Different parameters can be obtained by analysing the signal, among them is the determination of the characteristics of the respiratory process [2]. Data from each sensor was recorded with UART, recorded in a test file format, processed and visualized using the MATLAB programming environment. Fig.1 shown an example of the raw data obtained from the ECG (a) and PPG (b) sensor.

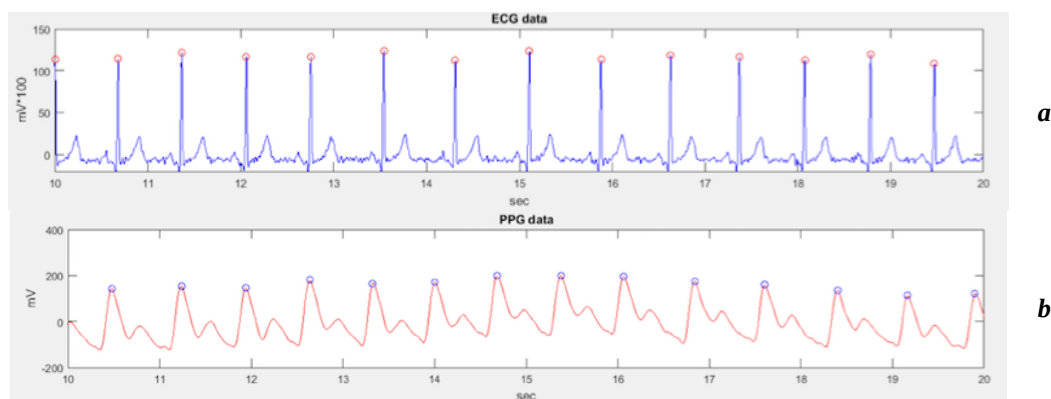


Fig. 1. Raw-data sample: a – ECG signal, b - PPG signal

The initial step of the ECG raw-data features extraction relates to the of noise removal from the signal. Noises from different origin always mix with ECG signal and cause baseline

drifts, artefacts and small-scale oscillations. Unwanted noisy modifications in the initial ECG signal may cause to critical distortions of the original information in the ECG signal and lead to false ECG data. In this work, a cascaded digital filters configuration was used for removal of three major noises of baseline drift, power line interference and EMG noise (Fig.2).

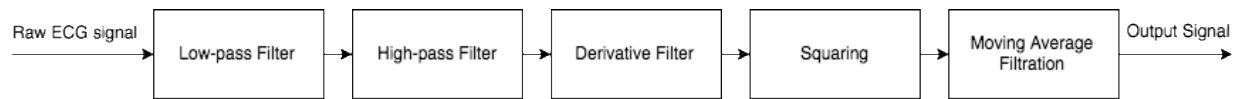


Fig. 2. Common block-diagram of ECG-signal filters tract

Each stage of filtration implemented with MATLAB environment as encapsulated functions for easy-to-use in any project and further porting on hardware architecture. Example of ECG signal filtration with R-peaks extraction for further HRV analysis shown on Fig.3.

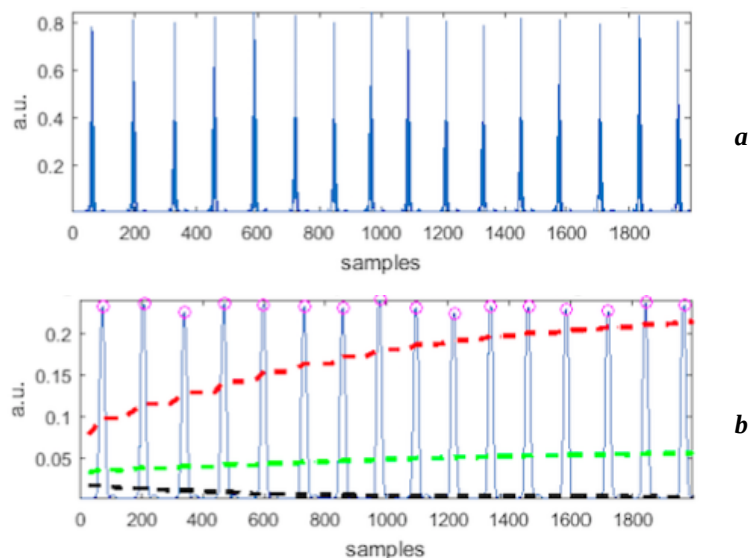


Fig. 3. Example of ECG signal filtration: *a* – squared normalized ECG signal after filtration stage; *b* – moving average filtration effect with detected R-peaks (circles) and detector levels. Signal level – red dashed line; noise level – black dashed line; adaptive threshold – green dashed line). X-axis – samples number of signal; Y-axis – amplitude of normalized signal in arbitrary units (a. u.)

The spectrum analysis of the original PPG and the restored respiration signal was shown were completed. The experiments with simultaneously recorded ECG and PPG signals were repeated 10 times for 3 people and shown strong correlation of estimated and real respiration rate. It should be noted that the spectrum of the reconstructed signal has a clearly pronounced peak at a frequency of 0.33 Hz, which fully corresponds to the frequency spectrum of the respiratory signal associated with the respiratory process. Moreover, the respiration rate calculated from the restored breathing signal was fully consistent with the actual one, and was equal to 15 breathing cycles per minute.

- [1] SFH7050 Datasheet [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.osram.com/media/resource/hires/osram-dam-2496439/SFH%207050.pdf>.
- [2] Fusco A., Locatelli D., Onorati F., Durelli G.C., Santambrogio M.D. On how to extract breathing rate from PPG signal using wearable devices. Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS). (2015). IEEE. P. 1-4.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ШТУЧНИМ ДОСВІЧУВАННЯМ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

І. Лактіонов, О. Вовна, В. Боричевський, Г. Лактіонова

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ivan.laktionov@donntu.edu.ua, oleksandr.vovna@donntu.edu.ua,

vladborich@gmail.com, ganna.laktionova@donntu.edu.ua

Сільськогосподарські площі України в основному призначено для вирощування культур відкритого ґрунту. Проте обсяги та якість врожаю є досить нестабільними, так як залежать від кліматичних умов. Одним із можливих варіантів підвищення врожайності протягом календарного року є вирощування культур у теплицях. Для підвищення врожайності тепличної продукції необхідним є впровадження комп'ютеризованих систем керування. На базі Fuzzy logic існують розробки в тепличній сфері [1], проте авторами не було враховано такий параметр, як спектральний склад джерел штучного досвічування з обліком типів вирощуваних культур.

Мета роботи полягає в розробці комп'ютеризованої системи моніторингу й керування штучним досвічуванням тепличних рослин на базі нечіткої логіки при обліку інтенсивності й спектрального складу джерел освітлення для різних типів культур.

Імітаційне моделювання системи виконано з використанням програмного забезпечення Matlab & Simulink®. Під час побудови моделі використано: п'ятирівневу сукупність трикутних вхідних функцій (для температури й інтенсивності світла) та гаусівських вихідних функцій, базовий алгоритм роботи системи – Mamdani. Температурний режим для вирощування огірка в період плодоношення прийнято згідно наукового джерела [2] – від 20 до 24 °С.

Розроблену базу правил автоматичного керування штучним досвічуванням рослин наведено на рис. 1. Логічна основа для формування правил представлена в табл. 1 (E – інтегральна інтенсивність освітлення, Вт/м²; T – температура повітря, °С). Під час розробки також враховано, що для огірка сприятливий спектральний склад джерела штучного досвічування встановлюється в певному відсотковому співвідношенні спектра кожного типу світлодіодів: у діапазоні від 380 до 490 нм ($\Delta\lambda_{\text{син}}$) – 20 %, від 490 до 590 нм ($\Delta\lambda_{\text{зел}}$) – 40 %, від 590 до 700 нм ($\Delta\lambda_{\text{чер}}$) – 40 % [3].

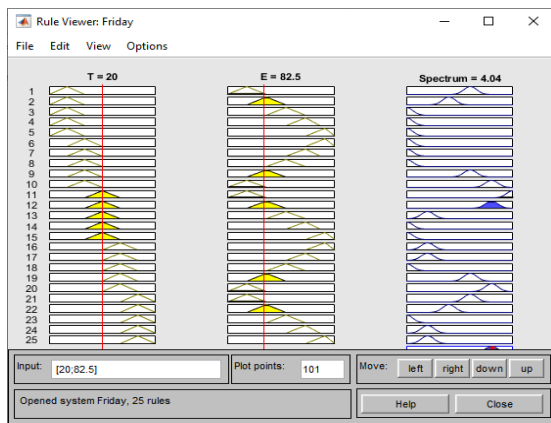
1. If (T is T1) and (E is E1) then (Spectrum is 3B) (1)
2. If (T is T1) and (E is E2) then (Spectrum is 2B) (1)
3. If (T is T1) and (E is E3) then (Spectrum is 0B) (1)
4. If (T is T1) and (E is E4) then (Spectrum is 0B) (1)
5. If (T is T1) and (E is E5) then (Spectrum is 0B) (1)
6. If (T is T2) and (E is E5) then (Spectrum is 0B) (1)
7. If (T is T2) and (E is E4) then (Spectrum is 0B) (1)
8. If (T is T2) and (E is E3) then (Spectrum is 0B) (1)
9. If (T is T2) and (E is E2) then (Spectrum is 3B) (1)
10. If (T is T2) and (E is E1) then (Spectrum is 4B) (1)
11. If (T is T3) and (E is E1) then (Spectrum is 5B) (1)
12. If (T is T3) and (E is E2) then (Spectrum is 4B) (1)
13. If (T is T3) and (E is E3) then (Spectrum is 1B) (1)
14. If (T is T3) and (E is E4) then (Spectrum is 0B) (1)
15. If (T is T3) and (E is E5) then (Spectrum is 0B) (1)
16. If (T is T4) and (E is E5) then (Spectrum is 1B) (1)
17. If (T is T4) and (E is E4) then (Spectrum is 1B) (1)
18. If (T is T4) and (E is E3) then (Spectrum is 0B) (1)
19. If (T is T4) and (E is E2) then (Spectrum is 3B) (1)
20. If (T is T4) and (E is E1) then (Spectrum is 4B) (1)

Рис. 1. Фрагмент бази правил

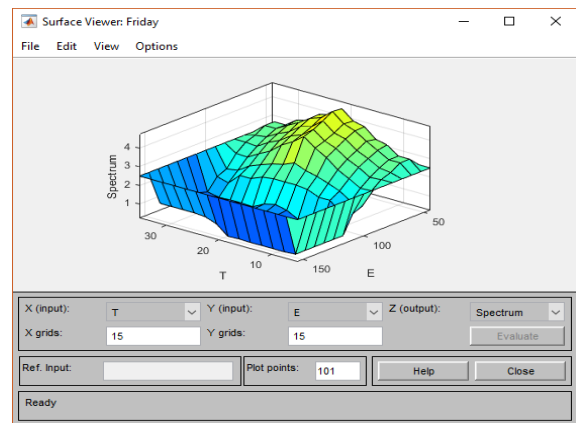
Табл. 1. Стани вхідних та вихідної змінних

T/E	Night	Dawn	Morning	Noon	After-noon
T ₁ (20C°)	Medium	Low	Off	Off	Off
T ₂ (21C°)	More medium	Medium	Off	Off	Off
T ₃ (22C°)	High	More medium	Low	Off	Off
T ₄ (23C°)	More medium	Medium	Off	Low	Low
T ₅ (24C°)	Medium	Low	Off	Low	Low

Вмикання світлодіодів виконується у відповідності до лінгвістичної сукупності правил (див. рис. 1 та табл. 1) на різній потужності згідно допустимих параметрів освітлення та температури, як наведено на рис. 2а,б.



а) Тестування розробленої моделі в Rule Viewer



б) Вихідний сигнал системи

Рис. 2. Результати тестування системи

Подальший напрямок досліджень полягає у апаратно-програмній реалізації даної моделі на базі сучасної мікропроцесорної техніки. Мікроконтролер має враховувати інтенсивність та спектральний склад штучного світла в його відсотковому співвідношенні, що в перспективі дозволить збільшити приріст тепличних культур.

- [1] T.A. Izzuddin, M.A. Johari, M.Z.A. Rashid, M.H. Jali. Smart irrigation using fuzzy logic method. ARPN J. of Eng. and App. Sc. Vol. 13, no. 2. (2018). P. 517–522.
- [2] A.J. Both, L. Benjamin, J. Franklin, G. Holroyd, L.D. Incoll, M.G. Lefsrud, G. Pitkin. Guidelines for measuring and reporting environmental parameters for experiments in greenhouses. Plant Methods. Vol. 11. (2015). P. 1–18.
- [3] O. Vovna, I. Laktionov, S. Sukach, M. Kabanets, E. Cherevko. Method of adaptive control of effective energy lighting of greenhouses in the visible optical range. Bulg. Journal of Agricultural Science. Vol. 24, no. 2. (2018). P. 335–340.

COMPUTERIZED MONITORING AND CONTROL SYSTEM OF THE PLANTS SUPPLEMENTARY LIGHTING IN GREENHOUSES BASED ON FUZZY-LOGIC

I. Laktionov, O. Vovna, V. Borychevskyi, H. Laktionova

SHEE "Donetsk National Technical University"

ivan.laktionov@donntu.edu.ua, oleksandr.vovna@donntu.edu.ua,

vladborich@gmail.com, ganna.laktionova@donntu.edu.ua

The computerized monitoring and control system of the plants artificial illumination in greenhouses based on fuzzy logic has been developed at this stage of research. This computer model has been implemented taking into account the intensity and spectral composition of light sources for various types of crops. The developed system has two inputs (temperature and light intensity). Each of the inputs has five levels (a triangular type of function has been used). The developed system has one input (five levels, Gaussian function has been used). The pulse width modulated voltage is the output signal of the system. The linguistic rule database has been proposed and implemented in Fuzzy Logic Toolbox Matlab & Simulink® application package. The further area of research is the hardware and software implementation of this computer model based on modern microprocessor technology. The microcontroller should take into account the intensity and spectral composition of artificial light, which allows to increase the growth of greenhouse crops. Thus, the actual scientific and applied problem has been solved in this article.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З МІКРОСЕРВІСНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

М. Прохорова, Н. Нікітін, В. Хандецький

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mashap26@ukr.net*

При класичному підході до розробки програм звичайно використовують монолітну архітектуру з єдиним додатком, всі компоненти і модулі якого працюють з єдиною базою, мають одне й те саме логування, права доступу і т.д. Така архітектура має деякі переваги для порівняно невеликих програм з незначною кількістю сервісів. Проте кожен перспективний додаток під час свого розвитку приходять до стану, коли додавати нову функціональність у вже існуючу кодову базу стає важко настільки, що її вартість перевищує всі можливі вигоди від її використання. Для того щоб масштабування додатку можна було здійснити, не порушуючи суттєво його основу, потрібно закладати відповідні можливості вже на рівні архітектури системи. При створенні сучасних багатофункціональних інформаційних систем використовують мікросервісну архітектуру із застосуванням патернів проектування [1].

Мікросервіси – це невеликі автономні компоненти, які дозволяють добитися модульності та відмовостійкості програми. Теорія мікросервісів тісно пов'язана з філософією Unix. Її використання дає можливість уникати громіздкого та заплутаного коду [2]. Практична реалізація цієї архітектури передбачає функціональну декомпозицію програми, чітке визначення інтерфейсів. Кожен мікросервіс, як правило, працює зі своєю базою даних, і всі ці вони можуть спілкуватися між собою як синхронно, так і асинхронно. В ідеалі кожен мікросервіс повинен бути повністю автономним і повностековим. На практиці для оптимізації архітектури бажано мінімізувати існуючі взаємозв'язки між сервісами. Для цього доцільно застосовувати патерни проектування.

Розглянемо, в якості прикладу, розробку інтернет-магазину. У випадку порівняно невеликого, локального інтернет-магазину (наприклад кондитерських виробів) достатньо мати типовий функціонал, одну базу даних. Плюсом тут є можливість швидко та ефективно тестувати додаток, розгортати його в невеликих масштабах. Скоріш за все, у такому прикладі не потрібно очікувати великого масштабування, значної кількості постійних користувачів, не потрібно забезпечувати зберігання і обробки великих об'ємів даних. Але це все потрібно мати на увазі, коли необхідно планувати розробку більш масштабного додатку, наприклад для мережі супермаркетів. Якщо базуватися тут на монолітній архітектурі, то в процесі розробки програма буде швидко розростатися, код стане заплутаним, буде складніше ізолювати різні функціональності задля підтримки та тестування коду. У такому випадку доцільно брати за основу мікросервісну архітектуру, де зміна реалізації одного мікросервісу не впливає на інші, а обмін інформацією здійснюється через чітко визначені інтерфейси.

Орієнтовний перелік мікросервісів показано на рис.1. Наприклад, мікросервіс «Кошик» є відповідальним за те, щоб товари, які користувач обрав і поклав у кошик, зберігались там, складалася вартість покупки, відображалась кількість товарів у кошику. Інша програма буде реалізовувати мікросервіс для зворотного зв'язку у вигляді відгуків, ще одна буде відповідальна за представлення каталогу товарів, інша – за персональні рекомендації і так далі.

В програмі цього додатку реалізоване слабе зв'язування (REST - інтерфейси) і досить потужне зчеплення. Мікросервіси «Каталог», «Кошик» і «Обробка замовлення» компонуються відповідно один до одного, при цьому визначаються більш високорівневі

сервіси чи додатки. Для реалізації цього використовується патерн “Aggregator”. Як і окремі мікросервіси, Aggregator має власний рівень кешування і власну базу даних. Розглядається можливість абстрагування логіки означених мікросервісів в окремий сервіс.

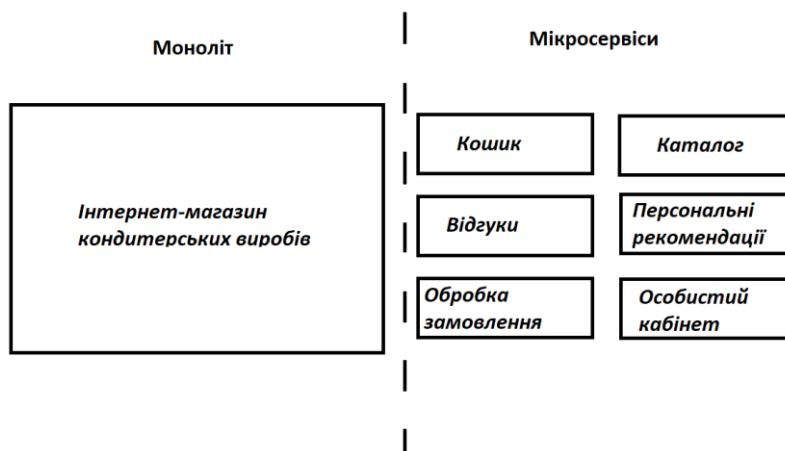


Рис. 1. Приклад вигляду монолітного та мікросервісного додатків

У ряді випадків дані, що направляються клієнту доцільно скомпонувати, узагальнити, перетворити. Для цього застосовується патерн “Proxy”, який може бути як формальним та і інтелектуальним.

Повностековий сервіс повинен контролювати користувачевий інтерфейс, проміжне програмне забезпечення, зберігання даних, транзакції. Він може бути багатомовним, тобто працювати з базами даних різних типів. При розділенні бази даних часто спостерігається дублювання даних, з’являється їх неузгодженість. Застосування патерну “Shared Data” дозволяє декільком мікросервісам, у нашому випадку це «Обробка замовлення» і «Персональні рекомендації», сумісно використовувати базу даних. При підвищенні інтенсивності роботи інтернет-магазину стає доцільною за допомогою патерну “Asynchronous Messaging” організація розділюваної черги повідомлень, через яку різні мікросервіси зв’язуються в асинхронно.

[1] Мурат Йенер. Java EE. Паттерны проектирования для профессионалов. Л.: Изд. дом «Питер». (2016). 240 с.

[2] Сэм Ньюмен. Создание микросервисов. Л.: Изд. дом «Питер». (2018). 304 с.

SPECIFICS OF DESIGNING INFORMATION SYSTEMS WITH MICROSERVICE ARCHITECTURE

M. Prokhorova, N. Nikitin, V. Khandetskyi

Oles Honchar Dnipro National University

mashap26@ukr.net

The article analyzes the specifics of designing modern multifunctional information systems based on microservice architecture using patterns. As an example, we considered a set of interacting microservices for an online store application.

WEB ДОДАТОК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛЬТАМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК З РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОСЦИЛОГРАМ

О. Івон, В. Істушкін, Ю. Рибка, С. Савран

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

Вимірювання вольтамперних характеристик (ВАХ) матеріалів в області сильних електричних струмів здійснюють на поодиноких імпульсах напруги для запобігання пробом. ВАХ, зокрема, визначають з осцилограми напруги і струму, отриманої за допомогою аналогового двопробного запам'ятовуючого осцилографа. Як показано в [1], точність вимірювання параметрів сигналів з аналогових осцилограм можна суттєво збільшити при використанні растрових зображень, отриманих цифровою фотокамерою.

Метою даної роботи є розробка програми, яка дозволяє з високою точністю виміряти ділянку ВАХ за результатами сканування растрового зображення осцилограм імпульсів напруги U і струму I . Для реєстрації ділянки ВАХ можна використати експоненціальний імпульс напруги, який забезпечує розгортку U у деякому діапазоні.

Програма створена як прикладний web-додаток засобами мов HTML5, CSS3 і JavaScript із залученням засобів технології Canvas. Програмним середовищем для її застосування може бути будь який браузер мережі Інтернет.

Програма реалізує наступні етапи обробки растрового зображення осцилограми: 1). Завантаження зображення; 2). Уведення товщини L та площі електродів S зразка; 3). Визначення масштабу напруги за результатами сканування координат осцилограми калібрувальної напруги; 4). Визначення масштабу струму за результатами сканування координат осцилограми калібрувального струму; 5). Визначення координати нульової напруги y_{0U} для осцилограми напруги; 6). Визначення координати нульового струму y_{0I} для осцилограми струму; 7). Сканування координат N точок ділянки ліній осцилограм $U(x_i, y_{iU})$ і $I(x_i, y_{iI})$ при однаковому значенні координати x_i ($0 \leq i \leq N-1$); 8). Розрахунок на підставі отриманих масивів координат значень напруженості E_i , густини струму J_i та відносної похибки їх визначення; 9). Виведення результатів у приховані поля форм.

Рис. 1 показує вигляд web-сторінки програми на заключному етапі її виконання. На web-сторінці за допомогою тегу `<canvas>` створено полотно розмірами 2300×2600 пікселів, на якому методом `drawImage()` об'єкту `canvas` розташоване зображення осцилограм імпульсів напруги і струму. Його розміщення на полотні дає можливість використати методи і властивості `canvas` для рисування ліній і точок, у яких на осцилограмі відбулося сканування шляхом щиглю лівою клавішею миші. Такі точки, з'єднані лініями, можна бачити на рис. 1. З лівої сторони вікна розміщено інструментарій програми, у верхньому лівому куті – блок поточних координат курсору миші. Він дозволяє, зокрема, контролювати скановані координати x_i , що повинні бути однаковими у i -тій точці ВАХ для ліній U і I растрового зображення осцилограм.

Блоки для окремих етапів обробки растрового зображення зроблені прихованими. Вони відкриваються при натисканні відповідних кнопок цих блоків або кнопок інструментарію. Блоки мають набір полів форм для введення геометричних параметрів досліджуваного зразка і калібрувальних напруги і струму. Завантаження растрового зображення (етапи 1, а також 3, 4) відбувається після натискання кнопки «Виберите файл», обрання потрібного файлу і натискання кнопки «Завантажити».

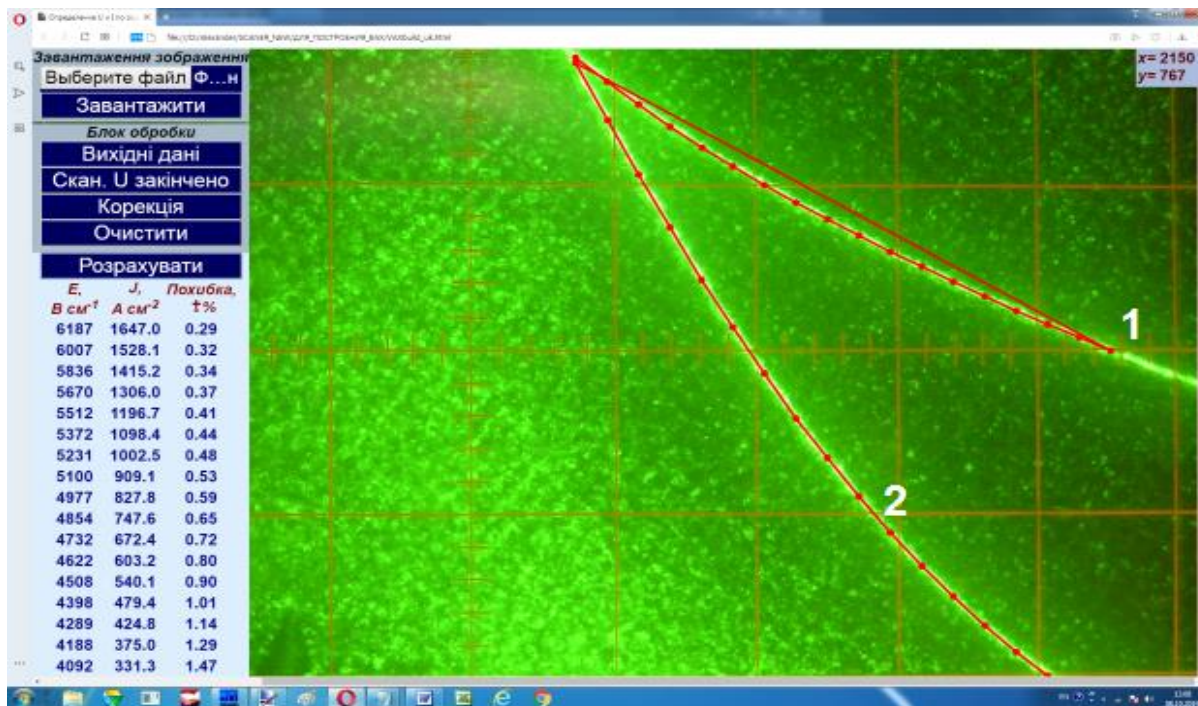


Рис. 1. Вигляд вікна програми на останньому етапі виконання. Растрові зображення осцилограм імпульсу напруги (1) і струму (2) для зразка оксидно-станатної варисторної кераміки

Етап 2 реалізується після натиснення кнопки «Вихідні дані», що відкриває блок з полями форм для введення значень L і S . На етапах 3 і 4 за допомогою кнопок «Виберите файл» і «Завантажити» відкривають осцилограми калібрувальних напруги і струму. Скрипти програми для цих етапів забезпечують розрахунок масштабів напруги і струму після натискання кнопки «Розрахувати масштаб». На етапах 5 і 6 відкриваються блоки і працюють скрипти, що дозволяють визначити координати y_{0U} і y_{0I} нульових ліній осцилограм (на рис.1 ці лінії за межами екрану). Етапи 7 – 9 обслуговує блок інструментарію, який можна бачити на рис. 1. Після закінчення сканування лінії напруги, натискається кнопка «Скан. У закінчено» і сканується лінія струму. Розрахунок і виведення результатів відбуваються після натискання кнопки «Розрахувати». Кнопка «Корекція» забезпечує видалення координат останньої точки з метою її повторного сканування. Кнопка «Очистити» дозволяє перейти до обробки іншої ділянки осцилограм без повторного визначення масштабів напруги і струму.

- [1] Ivon A.I., Istushkin V.F. Digitization of oscillograms by raster images for rising of accuracy at signal parameters determination / Системні технології. – 2017. – Вип. 1(108). – С. 37-40.

WEB APPLICATION FOR MEASUREMENT OF VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS FROM RASTER IMAGES OF OSCILLOGRAMS

A. Ivon, V. Istushkin, Yu. Rybka, S. Savran
Oles Honchar Dnipro National University
aai_vel93@i.ua

Program for the measurement with a high accuracy of the volt-ampere characteristics by means of the raster images of analog oscillograms is described. Program is created by the languages HTML5, CSS3, JavaScript and the Canvas technology.

SOLAR PANEL EFFICIENCY MEASURING SYSTEM

D. Ses, D. Chernetchenko, M. Voloshyn, M. Herasymenko

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

Modern life is hard to imagine without electricity. Solar power is an alternative for classic electricity production methods. One of the main solar power problem is electricity production irregularity. Rechargeable batteries are used to store energy, but they have limited resource. That is why energy saving and consumption optimization are necessary in this case.

The purpose of this work is to develop a device that can collect and log data from solar panels and visualize it in a convenient form. Data is presented in HTML page, there is 4 graphs: solar panel power, battery power, load power and battery SoC (State of Charge). There is possibility to scale graphs to visualize data for different periods. There is battery SoH parameter (State of Health), based on depth of discharge and charge/discharge cycles. It allows to roughly estimating battery health as a percentage. For example, SoH 50% means that battery actual capacity is 50% of nominal capacity.

Device is based on Espressif systems ESP8266 microcontroller (Fig.1). It has IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi, clock frequency up to 160 MHz, SPI, I2S, UART interfaces, ADC with 10-bit resolution, 14 GPIO pins. It does not have built in non-volatile memory for programs, so it needs external memory, that is connected via SPI. Maximum memory capacity is 16 Mbytes [1].

The best storage for large amounts of data over large periods is an SD memory card. SD card uses SPI to connect to microcontroller. Device collects data via UART, solar panel controller sends data to microcontroller.

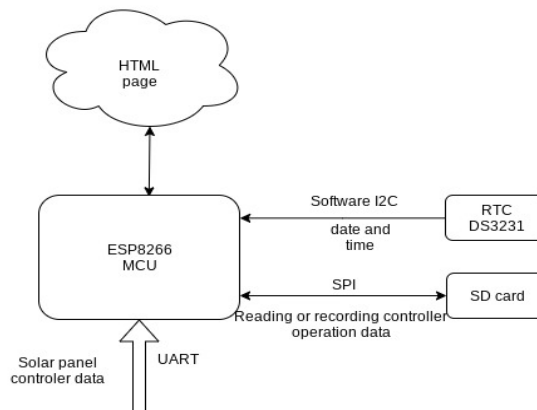


Fig.1 The device functional block diagram

It is necessary to log time for building graphs. Microcontroller has Wi-Fi, so date and time data can be retrieved via the Internet. But device could work in Wi-Fi network without internet connection, so using RTC (real time clock) IC is more appropriate. User should set date and time on device when use it at first time, then the countdown will happen automatically. DS3231 is used as RTC. It is a low-cost, extremely accurate I2C real-time clock with an integrated temperature compensated crystal oscillator and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device. Main disadvantage is that it uses I2C communication protocol and ESP8266 does not have hardware I2C, so communication is realized with bitbang method.

[1] ESP8266 Technical reference [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf

МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ УСТАНОВКОЮ ДЛЯ МІКРОДУГОВОГО ЕЛЕКТРОЛІЗУ

Є. Колесник, Є. Сніжко, Н. Боцьва, О. Єліна

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kef.dnu@gmail.com*

Сьогодні електрохімічні процеси широко застосовують у різних галузях промисловості. Для проведення електролізу в умовах дослїдних виробництв застосовують установку TOR87(1) – малогабаритне джерело живлення електролізних ванн. Актуальною є задача автоматизації контролю за процесом електролізу та керування устаткуванням із застосуванням сучасної елементної бази та комп'ютера.

Метою роботи є розробка системи віддаленого збирання та аналізу експериментальних даних, а також автоматизованого керування установкою TOR87(1).

Макет пристрою розроблено на основі мікроконтролера ATmega328P, який забезпечує зняття даних про перебіг експерименту та керування силовими електромагнітними реле самого електролізера за допомогою менших реле з напругою 5 В. Для передачі даних обрано інтерфейс RS-232 – провідний інтерфейс, який забезпечує надійну передачу на достатню відстань. Програма для мікроконтролера написана мовою C. Інтерфейс користувача розроблено у середовищі LabVIEW (рис.1).

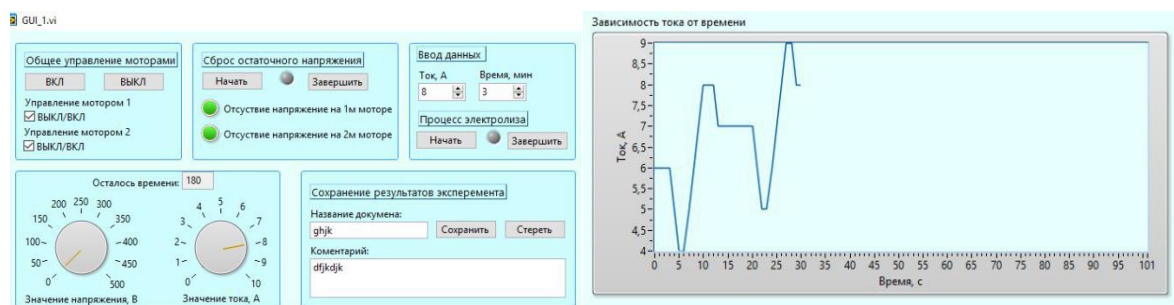


Рис. 1. Інтерфейс користувача

Інтерфейс надає змогу програмно керувати установкою для проведення електролізу, проводити її налагодження, стежити за часом та перебігом експерименту, задавати необхідні параметри, такі як час та сила струму в електролізній ванні, а також аналізувати та зберігати експериментальні дані.

MICROCONTROLLER SYSTEM FOR CONTROL OF MICROARRAY ELECTROLYSIS EQUIPMENT

Ye. Kolesnyk, Ye. Snizhko, N. Botsva, O. Yelina

*Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com*

The purpose of the work is to develop a system for remote collection and analysis of experimental data, as well as automated control of the TOR87(1). The layout of the device is based on the ATmega328P microcontroller. RS-232 is a wired interface for data transmission. The user interface lets you programmatically control the electrolysis plant, debug it, keep track of the time and progress of the experiment, set necessary parameters such as time and current in the electrolysis bath, and analyze and store the experimental data.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ Й КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

О. Вовна, І. Лактіонов, М. Бережний, В. Лебедєв

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

oleksandr.vovna@donntu.edu.ua, ivan.laktionov@donntu.edu.ua,

beregnoimax0@gmail.com, vladyslav.lebediev@donntu.edu.ua

Для збільшення об'ємів виробництва сільськогосподарської продукції необхідна система, котра здатна сприяти створенню умов зовнішнього середовища для оптимального росту рослин. Розумна система поливу дозволяє рослинам оптимально розвиватись, тому що вологість ґрунту можна контролювати так, щоб не було різких перепадів вологості. Вологість ґрунту залежить від таких основних факторів, як: температура ґрунту, градієнт розповсюдження вологи в ґрунті, ступінь поглинання вологи рослиною в різний період росту. В наукових роботах, що знаходяться за посиланнями [1, 2] можна побачити як автори намагаються вирішити питання з автоматичним поливом на базі нечіткої логіки. Особливість даної роботи полягає в розробці системи автоматизованого поливу за допомогою нечіткої логіки та її реалізація з використанням мікроконтролера Arduino.

За допомогою пакету програмного забезпечення MATLAB & SIMULINK та розширення Fuzzy Logic Toolbox створено автоматичну та повністю автономну систему управління поливом у теплиці. Дана система залежить від двох вхідних параметрів, що поділені на п'ять рівнів трикутних та трапецеїдальних вхідних функцій вологості та температури ґрунту та п'ять рівнів вихідних функцій керуванням насосом, що подає воду до системи поливу. Рівні поділяються згідно з державними нормами вирощування сільськогосподарських культур в теплицях. Діапазон температури й вологості дорівнює: від 10 до 30 °C та від 50 до 95 %, відповідно [3]. У залежності від миттєвих значень вхідних сигналів у редакторі правил (див. рис. 1) обирається відповідне рівняння функції керування. Для кращого уявлення цієї системи наведена матриця відповідності правил до функцій належності параметрів (див. табл. 1).

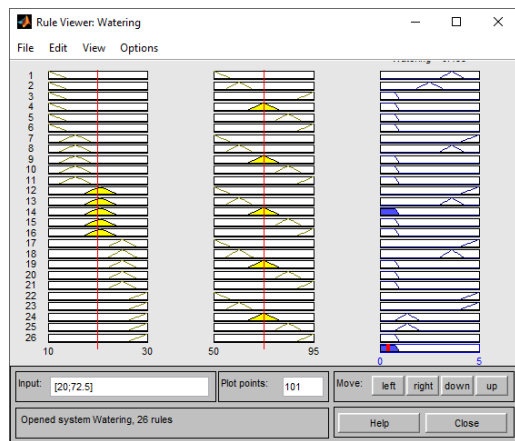
1. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is minimum) then (Watering is fast) (1)
2. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is LessThanNormal) then (Watering is medium) (1)
3. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)
4. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is normal) then (Watering is Off) (1)
5. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is MoreThanNormal) then (Watering is Off) (1)
6. If (Tsoil is minimum) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)
7. If (Tsoil is LessThanNormal) and (Hsoil is minimum) then (Watering is intensely) (1)
8. If (Tsoil is LessThanNormal) and (Hsoil is LessThanNormal) then (Watering is fast) (1)
9. If (Tsoil is LessThanNormal) and (Hsoil is normal) then (Watering is Off) (1)
10. If (Tsoil is LessThanNormal) and (Hsoil is MoreThanNormal) then (Watering is Off) (1)
11. If (Tsoil is LessThanNormal) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)
12. If (Tsoil is normal) and (Hsoil is minimum) then (Watering is intensely) (1)
13. If (Tsoil is normal) and (Hsoil is LessThanNormal) then (Watering is fast) (1)
14. If (Tsoil is normal) and (Hsoil is normal) then (Watering is Off) (1)
15. If (Tsoil is normal) and (Hsoil is MoreThanNormal) then (Watering is Off) (1)
16. If (Tsoil is normal) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)
17. If (Tsoil is MoreThanNormal) and (Hsoil is minimum) then (Watering is intensely) (1)
18. If (Tsoil is MoreThanNormal) and (Hsoil is LessThanNormal) then (Watering is fast) (1)
19. If (Tsoil is MoreThanNormal) and (Hsoil is normal) then (Watering is Off) (1)
20. If (Tsoil is MoreThanNormal) and (Hsoil is MoreThanNormal) then (Watering is Off) (1)
21. If (Tsoil is MoreThanNormal) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)
22. If (Tsoil is maximum) and (Hsoil is minimum) then (Watering is intensely) (1)
23. If (Tsoil is maximum) and (Hsoil is LessThanNormal) then (Watering is intensely) (1)
24. If (Tsoil is maximum) and (Hsoil is normal) then (Watering is low) (1)
25. If (Tsoil is maximum) and (Hsoil is MoreThanNormal) then (Watering is low) (1)
26. If (Tsoil is maximum) and (Hsoil is maximum) then (Watering is Off) (1)

Таблиця 1 – Матриця відповідності

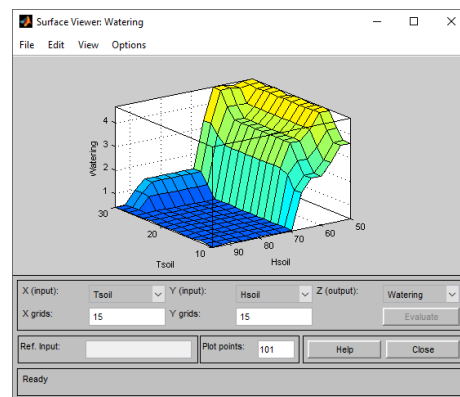
Пар-р	T ₁ (10–14°C)	T ₂ (12–19°C)	T ₃ (17–24°C)	T ₄ (22–28°C)	T ₅ (26–30°C)
W ₁ (50–58%)	fast	intensely	intensely	intensely	intensely
W ₂ (55–68%)	medium	fast	fast	fast	intensely
W ₃ (65–80%)	OFF	OFF	OFF	OFF	low
W ₄ (77–90%)	OFF	OFF	OFF	OFF	low
W ₅ (87–95%)	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Рисунок 1 – Редактор правил

Регулювання потужності насосу в системі поливу виконується у відповідності до лінгвістичної сукупності правил згідно допустимих параметрів температури та вологості, як наведено на рис. 2а, б.



а) Графічна база правил



б) Графік залежності вихідного сигналу від суми вхідних сигналів

Рисунок 2 – Зображення теоретичного вихідного сигналу системи

Наступним кроком розробки системи буде експериментальне дослідження градієнту розповсюдження вологи в ґрунті в залежності від початкового відсотку вологості, а також конвертація та реалізація даної системи на базі мікроконтролера Arduino. Мікроконтролер буде приймати вхідні сигнали з датчиків вологості й температури, оброблювати за створеним алгоритмом і виводити сигнал на насос.

- [1] S. Mashhadi, M. Shokohi, M. Shokohi. Controlling the greenhouse irrigation system in fuzzy logic method. The J. of Mathematics and Computer Science. Vol. 4, no. 3. (2012). P. 361–370.
- [2] І.С. Лактіонов, О.В. Вовна, М.О. Бережний, В.А. Лебедєв. Комп'ютеризована система комплексного моніторингу й керування мікрокліматом промислових теплиць на базі нечіткої логіки. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. № 3 (116). (2019). С. 120–129.
- [3] VNTP APK–19–07. Departmental rules of the technological engineering. Greenhouse and greenhouse businesses. Structures protected ground for farming. (2007). P. 1–140.

COMPUTERIZED FUZZY LOGIC MONITORING AND CONTROL TECHNOLOGY FOR AUTOMATIC IRRIGATION OF GREENHOUSE PLANTS

O. Vovna, I. Laktionov, M. Berezhnyi, V. Lebediev

SHEE "Donetsk National Technical University"

oleksandr.vovna@donntu.edu.ua, ivan.laktionov@donntu.edu.ua,

beregnoimax0@gmail.com, vladyslav.lebediev@donntu.edu.ua

This work is aimed to the developing of the monitoring and controlling computerized technology for an automatic greenhouses irrigation system based on fuzzy logic. This computer model has been implemented taking into account state soil moisture standards for growing crops. The implemented system has two inputs (soil's temperature and moisture) as well as one output (pulse-width pump control). The database of linguistic rules was proposed and implemented in the application package Fuzzy Logic Toolbox Matlab & Simulink. Further research prospects are aimed at implementing this system based on the Arduino Mega 2560 microcontroller platform.

ELECTRONIC SYSTEM FOR DYNAMIC REGULATION OF LED INDICATION

M. Tamarov, Yu. Dodonova, D. Chernetchenko, O. Yelina

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

Ambilight technology was first patented by Philips in 2007 [1]. An LED strip was built into the TV screen. TV software analyzes the image on the screen and illuminates space behind the TV with colors displayed on the screen. This technology allows to visually enlarging image on the screen, and at the same time protects user's eyes, due to the lack of deep contrast between bright monitor and dark wall behind. For a long time this technology was Philips TVs exclusive and its price was very high.

Developed ambilight-backlit device can work with any computer, has good quality and sensitivity, and its price extremely low compared to existing solutions on market.

There are several options for LED backlighting: usual LEDs, RGB LEDs, RGB lamps, RGB LED tapes. For this project RGB tape with WS2812b chip was selected (Fig.1). In addition to all benefits of usual RGB tapes there is a control chip built into the tape, and instead of three power anodes for individual LED colors, there is one logical output, which can be used for changing colors.

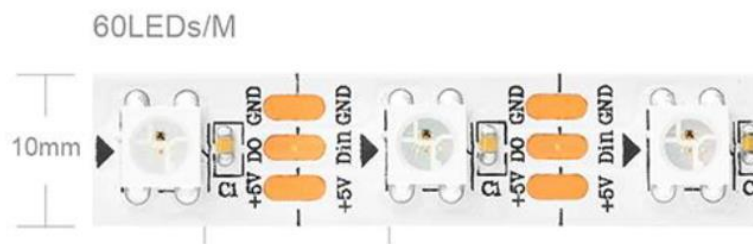


Fig. 1. LED strip with WS2812b chip

Arduino NANO was used as the microcontroller as the most optimal and the cheapest solution. The platform has all parts built-in to work properly. Chinese Arduino NANO based on ATmega328P and CH340 drivers on it was chosen as the platform [2]. Chinese 30 LEDs per meter strip with WS2812 chip was chosen for lighting. But for this project you can use tapes with more LEDs per meter [3].

In developed device the logical output of a strip is connected to one of outputs of Arduino. A photo resistor is used to control brightness of lighting depending on amount of light in a room. The strip 30 LEDs per meter, according to the manufacturer, uses 7 Watt per meter. It is powered by 5V, so it turns out 1.4 A per meter at maximum brightness and white color. Since 1.6 meters of tape (50 LEDs) is used in this project, total brightness set at 75%. Since white color is not going to be used all the time, device requires 5 V and 2 A as a power supply.

The result of the prototyping is a high-quality device that responds quickly to signals from a monitor and has good color rendering. Its main advantage is the lowest price of all-available on the market, because of using cheap microcontroller Arduino Nano, which makes this device the best choice for customer.

[1] Philips TV Ambilight technology [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.philips.ua/ru/c-m-so/tv/p/ambilight>.

[2] Karvinen K., Karvinen T. Make: Arduino Bots and Gadgets. O'Reilly. (2011).

[3] Margolus M. Arduino Cookbook. O'Reilly. (2011).

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ WEB-ДИЗАЙНУ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ДТА

О. Івон, В. Істушкін, В. Касьян, С. Савран

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

aii_vel93@i.ua

Значні можливості для обробки даних, зареєстрованих як растрові зображення, надають мови HTML5 і CSS3, що дозволяють створити зручний інтерфейс програми у вигляді web-сторінки, а об'єктно-орієнтована мова JavaScript забезпечує необхідні засоби для вилучення інформації із растрових зображень і її обробки. Середовищем для програм, створених означеними вище засобами, може бути будь який інтернет браузер.

Метою даної роботи є розробка програми для визначення вмісту С компоненту з фазовим переходом метал-напівпровідник (ФПМН) у гетерогенних матеріалах. Визначити вміст компоненту можна за даними диференційного термічного аналізу (ДТА), шляхом порівняння площ ендотермічних піків на кривих ДТА матеріалу і еталону, що містить 100% компоненту з ФПМН. Знайти значення С можна як:

$$C = \frac{S_X m_E}{S_E m_X} \cdot 100\% = k_E \frac{S_X}{m_X} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де m_E , m_X – маси еталону і гетерогенного матеріалу; S_E , S_X – площі ендотермічного піку на кривій ДТА еталону і гетерогенного матеріалу; $k_E = m_E/S_E$ – еталонний коефіцієнт.

Отримати растрове зображення кривих ДТА можна безпосередньо на приладах, що виводять ці зображення на комп'ютер. У випадку приладів, що фіксують результати ДТА на фотопапір або за допомогою самопису, перетворити їх у растрове зображення можна шляхом фотографування цифровою фотокамерою або за допомогою сканеру.

Програма, створена у даній роботі, розраховує площі ендотермічних піків S_E і S_X на кривих ДТА по формулі Гауса, за координатами точок, отриманих шляхом сканування. Розрахункові формули для визначення площі за координатами та оцінка похибки такого визначення представлені в роботі [1]. Сканування координат точки растрового зображення, обраної за допомогою курсору, відбувається шляхом кліку лівою клавішею миші. Це за подією *onClick* запускає скрипт, який за допомогою властивостей *pageX* і *pageY* об'єкту *event* зчитує координати точки і заносить їх до масивів координат для розрахунку площі піків. Скрипт містить також оператори, які засобами об'єкту *canvas* рисують круги білого кольору радіусом 4 пікселя з центром у сканованій точці і з'єднують точки лінією білого кольору товщиною 3 пікселя. Це дає можливість візуально спостерігати контур сканування лінії ендотермічного піку і, при необхідності, коректувати результати сканування за допомогою відповідного скрипта програми. Визначення вмісту компонента з ФПМН програма здійснює за формулою (1) на підставі значень S_E і S_X , виміряних для еталону і зразка. Відносна похибка визначення С розраховується як сума значень похибки вимірювання S_E і S_X .

Програма реалізує наступні етапи обробки зображення: 1. Завантаження зображення; 2. Сканування кривої піку ДТА еталону; 3. Визначення еталонного коефіцієнту k_E ; 4. Сканування кривої піку ДТА гетерогенного матеріалу; 5. Розрахунок вмісту компоненту з ФПМН; 6. Виведення результатів обробки.

Вікно програми на останньому 6-му етапі обробки показано на рис. 1. У це вікно завантажене растрове зображення з кривими ДТА для склокераміки складу (ваг. %) $25\text{VO}_2\text{--}15\text{ВФС--}5\text{Cu--}55\text{SnO}_2$ (крива 2, ВФС – ванадієво-фосфатне скло) і кристалічного діоксиду ванадію VO_2 (крива 1).

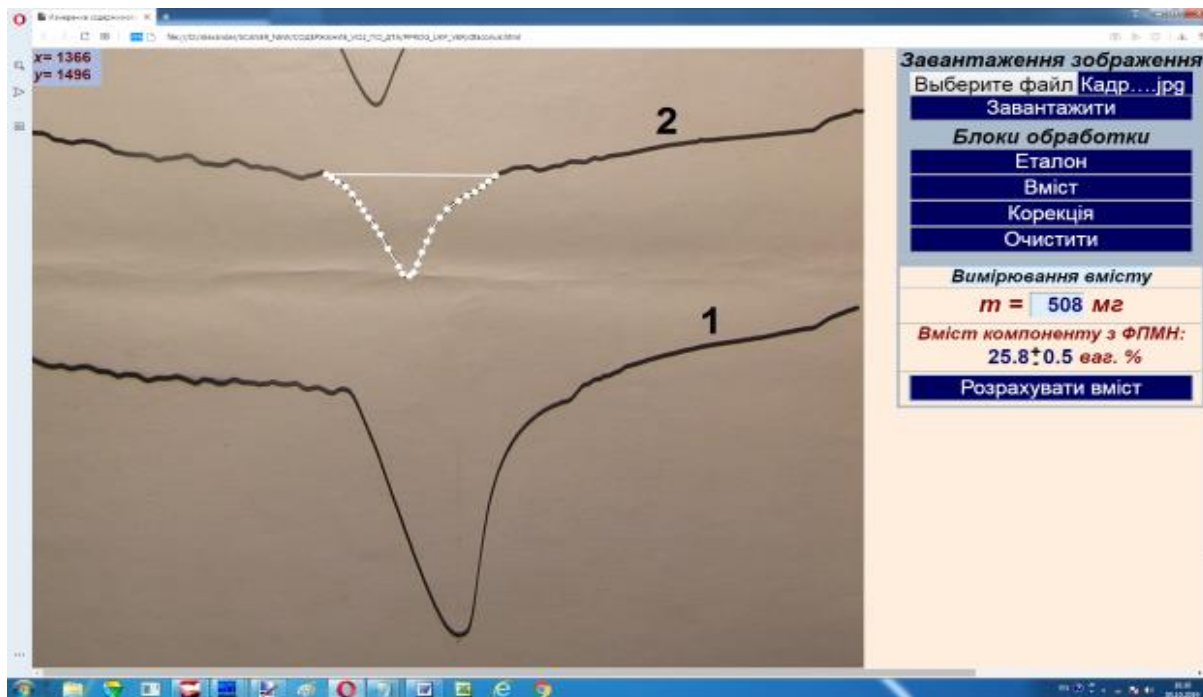


Рис. 1. Вигляд вікна програми для визначення вмісту компоненту з ФПМН за даними ДТА на останньому етапі виконання. Криві ДТА: 1 – еталону, 2 – гетерогенного матеріалу

Для завантаження растрового зображення застосовується кнопка «Выберите файл», створена за допомогою тегу `<input>` з атрибутом `type="file"`. При натисканні цієї кнопки відкривається вікно для обрання потрібного графічного файлу на комп'ютері. При натисканні кнопки «Завантажити» працює скрипт, який за допомогою методів і властивостей об'єкту `FileReader` завантажує зображення до вікна браузера. Етапи обробки 2 і 3 відбуваються після натискання кнопки «Еталон», яка відкриває блок з полем форми для введення маси еталону і кнопкою «Знайти коефіцієнт». Після сканування і натиснення означеної кнопки програма розраховує коефіцієнт k_E . Етапи 4, 5 і 6 реалізуються після натискання кнопки «Вміст», яка відкриває блок «Вимірювання вмісту» (рис. 1). Після сканування кривої ДТА гетерогенного матеріалу (крива 2) і натискання кнопки «Розрахувати вміст» результат визначення C виводиться у приховані поля форм. Кнопка «Корекція» забезпечує видалення координат останньої точки з метою її повторного сканування. Кнопка «Очистити» дозволяє перейти до обробки іншої кривої ДТА на зображенні без визначення еталонного коефіцієнту k_E .

[1] Ivon A.I., Istushkin V.F., Lischenko A.A. Measurement of geometric parameters of plane figures in raster images / Системні технології. – 2016. – Вип. 1 (102). – С. 24-28.

USE OF WEB DESIGN MEANS FOR PROCESSING DTA DATA

A. Ivon, V.F. Istushkin, V.D. Kasyan, S.V. Savran

Oles Honchar Dnipro National University
aiv_vel93@i.ua

Program for determination of the content of component with metal-semiconductor phase transition in heterogeneous materials by means of differential thermal analysis data is described. Program is created using the means for presentation of information on the Internet.

ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТЕКУ

В. Герасимов, А. Сінохіна

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sinokhina@gmail.com*

Розробники-початківці повинні знати, що розробка програмного забезпечення (ПЗ) — це оптимізація, масштабованість і безпека. Ретельний аналіз проекту допомагає визначити, які технології краще використовувати. В результаті має бути чітке уявлення, як і що працює в компанії клієнта, які відділи тісно взаємодіють, а які ні. Для того, щоб приступити до роботи над будь-яким проектом, необхідно:

- розуміння проекту (бізнес-перспектива);
- вибір технічного стека (технічна перспектива);
- перспектива розвитку [1].

Технічний стек — це комбінація як програмних продуктів, так і мов програмування, використовуваних для розробки додатку. Додатки мають два програмних компонента: на стороні клієнта і на стороні сервера. Кожен рівень додатку ґрунтується на функціях нижчого шару, утворюючи стек [2].

Дуже важливою частиною є критерії вибору технологій розробки. До важливих критеріїв можна віднести такі: розмір і тип проекту, складність проекту, швидкість розробки, вартість фахівців, наявність докладної документації, вартість підтримки, вимоги до навантажень, вимоги до безпеки та інші. Вибираючи технологію за такими критеріями, можна домогтися об'єктивного вибору і уникнути подальших проблем.

У технологіях можна виділити 3 рівня абстракції:

1. Чиста мова — це матеріал, який має дуже великі перспективи. Обмежують його тільки можливості самої мови. На чистій мові зроблені всі найбільші сайти світу, такі як: Instagram, YouTube, Dropbox та інші. Більш того, найбільші проекти в світі створюють нові технології для себе, так як вже існуючі їх не влаштовують.
2. Фреймворк — це середовище розробки для програміста з готовими правилами і інструментами. Фреймворк, з однієї сторони, допомагає і прискорює розробку, а з іншої, накладає певні обмеження. На фреймворках реалізуються проекти середньої складності з відвідуваністю в мільйони користувачів в місяць.
3. CMS — конструктор, в якому з частин збирається потрібний проект. Вони мають багато обмежень, вийти за межі яких складно і неефективно. На CMS реалізуються прості сайти з відвідуваністю до мільйона користувачів в місяць.

Найчастіше один рівень абстракції базується на іншому. Тобто на чистій мові реалізують фреймворки, на базі фреймворків реалізують CMS.

Сьогодні є величезна кількість різних мов програмування, на яких реалізують сайти. На всіх популярних мовах є приклади величезних сайтів. Якщо 10 років тому, кажучи про технології великих сайтів, говорили переважно про Java, то сьогодні це може бути майже будь-яка мова. Це пов'язано з розвитком самих мов — за останні десятиліття багато мов сильно розвинулись і отримали широкі можливості. Звичайно, кожна мова чимось відрізняється від інших, і, обираючи мову, необхідно керуватися об'єктивними критеріями з оглядкою на завдання проекту.

На чистій мові, без використання фреймворків і коробкових рішень, пишуться величезні проекти з підвищеними вимогами по гнучкості, навантаження і безпеки. Для таких величезних проектів часто бюджет не грає такого значення, як ефективність. Чим більше проект, тим більше буде вимог по гнучкості і навантаженню, а значить, простіше писати все з нуля, виділяючи на це кращих фахівців, ніж брати якісь готові рішення.

Чим більший проект, тим більший стек технологій, який в ньому використовується. У величезних порталах може використовуватися відразу кілька мов програмування. Часто одна мова може добре вирішувати одну задачу, а інша — іншу. Найяскравіший приклад використання різних технологій — Google. Він настільки великий, що його різні частини написані на C/C++, Java, Python, JS та інших мовах. Більш того, Google активно створює нові технології, як, наприклад, AngularJS.

Спробуємо дати коротку характеристику кожній з популярних мов [3]:

1. JavaScript — згідно дослідженню Stack Overflow, проведеного в 2018 році, 71,5 % розробників обирають JavaScript. JavaScript-фреймворки (Angular, React і Vue) використовуються на стороні клієнта для розробки веб-додатків на основі браузера. За межами браузера з допомогою Node.js можна писати серверні додатки на тій же мові, на якій пишеться клієнтський код. Важливою перевагою JavaScript є широка підтримка в індустрії ПЗ з боку таких IT-корпорацій, як Google, Facebook, Microsoft і Amazon.

2. Python — згідно опитуванням Stack Overflow, Python користується популярністю у 37,9 % розробників. Одна з причин популярності Python — правила оформлення коду простіші, ніж в інших мовах. Це найпопулярніша мова загального призначення, яка використовується для машинного навчання і в науці про дані.

3. Java — її вважають за кращу 45,5 % розробників. Java спрощує розробку і впровадження програм в різних операційних системах, тому великі компанії часто використовують Java. JVM використовується все активніше: створюються нові мови, адаптуються вже існуючі. Екосистема Java активно розвивається.

4. C# — за даними опитування 35,5 % розробників надають перевагу C#. Microsoft агресивно розвиває і додає нові можливості до C#. Ця мова грає ключову роль в новій стратегії розвитку Microsoft.

Вибір технологічного стека являється важливою частиною будь-якого додатку. Вибір стеку не зможе вирішити всіх проблем, що будуть виникати під час розробки, але він може полегшити їх подолання. Вибираючи стек необхідно керуватись об'єктивними критеріями, такими як тип проекту, складність проекту, швидкість розробки, вартість фахівців, наявність докладної документації і т.д. Крім перерахованого для досягнення кращої продуктивності необхідно враховувати і архітектуру додатку.

- [1] Выбираем правильный стек технологий для проекта [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vc.ru/services/48759-vybiraem-pravilnyy-stek-tehnologiy-dlya-proekta>
- [2] How to Choose Your Tech Stack [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://svsg.co/how-to-choose-your-tech-stack/>
- [3] Developer Survey Results 2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018/#technology>

APPROACHES TO CHOOSING A TECHNOLOGICAL STACK

V. Gerasimov, A. Sinokhina

*Oles Honchar Dnipro National University
sinokhina@gmail.com*

The report reflects the main modern approaches to selecting the technology stack for application creation. Selection criteria for development technologies and three levels of technology abstraction such as clean language, frameworks and CMS are displayed. The difference between these levels is determined. The characteristic of the most popular programming languages of the current time is given.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ОБЛАСТІ ВИДИМОСТІ БЕЗПІЛОТНОГО АПАРАТА

Д. Терета, Н. Боцьва

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kef.dnu@gmail.com*

Останнім часом із появою доступних безпілотних апаратів (БПЛА) сфери застосування аерофотознімання, зокрема і для створення 3D моделей об'єктів, значно розширились. Дані, отримані під час зйомки з БПЛА, дозволяють у мапі або тривимірній моделі візуалізувати багато корисної інформації, але потребують для цього складної попередньої обробки потужними спеціалізованими програмами, такими як, наприклад, Pix4d [1]. Переважна більшість таких програм працює лише з ортогональними проекціями. Разом з цим, перспективні плани з камери, розташованої попереду БПЛА, часто містять додаткову цікаву інформацію, яка також потребує обробки.

Задачею даної роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизації розрахунку області видимості БПЛА, тобто чотирьох точок, що відповідають кутам області проекції матриці камери на земну поверхню, а також візуалізації даної проекції.

Розроблена програма враховує такі змінні, як довгота, широта та висота БПЛА, тангаж, крен, азимут та кути розгортки камери. Перевагою розробки є коригування констант під час польоту та можливість прив'язки даних з логу до фотознімків навіть в умовах, коли в лозі БПЛА присутні данні про знімки, які не збереглися через велику частоту створення. Особливістю програми є забезпечення вихідних розрахунків у стандарті системи геодезичних параметрів PZ90, відповідних Google mapі, що необхідно для подальшої обробки отриманих даних програмою Pix4d. Програмно це реалізовано двокроковим перетворенням систем координат зі стандарту SK42, який є зручним для наочної візуалізації, в WGS84 (всесвітню систему геодезичних параметрів Землі 1984 року, яка містить систему геоцентричних координат), а потім вже з WGS84 в PZ90.

Програми візуалізації та парсер-скрипт для прив'язки фотознімків вибраного об'єкту місцевості до даних з логу польоту БПЛА написані мовою Python. До всіх програм розроблені інструкції з використання.

Розроблене програмне забезпечення для автоматизації розрахунку області видимості БПЛА дозволяє розширити застосування аерофотознімання для створення 3D моделей об'єктів у різних галузях господарської діяльності.

[1] Mapping the Kilauea volcanic eruption with drones [Електронний ресурс]. Режим доступу: Pix4d.com/blog/mapping-volcanic-eruption-drones.

DRONES AERIAL VIEW AUTOMATION SOFTWARE

D. Tereta, N. Botsva

*Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com*

The software to automate the calculation of the field of view of UAVs has been developed. The program uses variables such as longitude, latitude and altitude UAV, pitch, roll, azimuth and scanning angles of the camera. Feature of the program is to provide the original calculations in the standard system of geodetic parameters PZ90, corresponding to Google map, which is necessary for further processing of the obtained data by the Pix4d.

AUTOMATED COMPLEX CONTROL OF ILLUMINATION PARAMETERS BASED ON MICROCONTROLLER DEVICE

Ye. Berns, D. Chernetchenko, O. Yelina, M. Motsnyi

*Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com*

The illumination parameters of a room are important for human life, because light helps us perceive most environmental information. Proper and adequate lighting of rooms and workplaces is a requirement for increasing productivity and reducing fatigue. Indoor lighting control systems are one of the most effective methods for improving energy efficiency for residential premises, offices or industries. Besides they allow to make life more comfortable, they also optimize all the processes associated with lighting.

The work is devoted to the problem of creating a device for monitoring and controlling of the illumination parameters of a room with the least energy consumption.

To obtain data on the level of illumination of a particular place, object, special devices are used - luxmeters. It isn't a very common equipment that can be replaced by a sensor that will give output data in specific units of measurement via a digital interface.

The device for automated complex control of illumination parameters is based on the Atmega8 microcontroller and the BH1750 sensor. Developed complex provides information about the illumination in units of measure Lux.

BH1750 sensor has I2C digital interface and a high resolution up to 0.5 Lux. The sensor is designed to measure background lighting, has a high sensitivity, and its sensitivity spectrum coincides with the sensitivity curve of the human eye.

This sensor is placed in a WSOF6I surface mount housing [1]. Inside, the photosensor is in the form of a photodiode, a photodiode signal amplifier, an ADC (analog-to-digital converter) and some logic that processes the data, converts raw data into Lux units and transfers it via I2C to the control device (microcontroller in our case) [2]. The transducer housing is translucent. Also, it plays the role of a light filter, with a known transmittance of light, to accurately measure illumination.

Characteristics of the BH1750 sensor: low current consumption (120 μ A), filtering of light noise 50/60 Hz, it is possible to select two chip addresses for the I2C interface (two sensors can be connected simultaneously), small dimensions. The sensor provides information about the illumination in units of measure Lux. The lux is the SI derived unit of illuminance and luminous emittance, measuring luminous flux per unit area.

The sensor was tested on standard lamps with known indicators of illumination; the indication was carried out on a liquid crystal screen. For comparison, the illumination in the study is about 300-500 Lux, with a full moon – 1 Lux, on a clear sunny day in the shade – 10000-25000 Lux, and under the sun about 32000-130000 Lux.

Such characteristics of sensor provide ease of use in the device for automatic control of illumination parameters of the room. Due to the exact illumination values obtained from the sensor, it is possible to use natural lighting as efficiently as possible that is the key to the energy efficiency.

[1] Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rohmfs.rohm.com/en/products/databook/datasheet/ic/sensor/light/bh1721fvc-e.pdf>

[2] Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. Петербург: БХВ. (2015).

ПРОСТОРОВА НЕЧІТКА КЛАСТЕРИЗАЦІЯ В ЗАВДАННІ СЕГМЕНТАЦІЇ НАПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Л. Ахметшина, В. Моторя

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
intdnr@gmail.com

Комп'ютеризована сегментація медичних зображень є складною проблемою через низьку роздільну здатність і слабку контрастність. Крім того, завдання часто ускладнюється наявністю шуму та артефактів, завдяки інструментальним обмеженням, алгоритмам реконструкції та руху пацієнта. Ще немає універсального алгоритму сегментації медичних зображень, а переваги та недоліки алгоритму часто змінюються залежно від досліджуваної проблеми.

В даний час для вирішення цього завдання широко використовується нечіткий підхід сегментації медичних зображень, оснований на алгоритмі нечіткої кластеризації FCM [1]. Існує значна кількість модифікацій цього методу, спрямованих на вирішення конкретних завдань, в тому числі і на максимальне врахування просторової складової.

У докладі розглядаються інформаційні можливості методу сегментації напівтонових слабконтрастних зображень на основі методу FCM з урахуванням просторової інформації під час адаптивної оптимізації.

Однією з проблем стандартного алгоритму FCM є відсутність обліку просторової інформації, яка грає важливу роль при сегментації зображень, через те, що шум і артефакти часто погіршують її достовірність. Узагальнений алгоритм FCM просторову інформацію включає безпосередньо до функцій нечіткого членства [2].

$$u'_{ji} = \frac{u_{ji}^p h_{ji}^q}{\sum_{i=1}^c u_{ji}^p h_{ji}^q}, \quad h_{ij} = \sum_{k \in N(x)_i} u_{ik}, \quad (1)$$

h_{ji}^q включає в себе просторову інформацію, p і q - параметри, що контролюють відповідний внесок сусідніх пікселів у вікні перетворення $N(x)_i$.

Інший підхід для врахування просторової інформації є введення нечіткого локального фактора G_{ki} [3]:

$$G_{ki} = \sum_{j \in N_i} \frac{1}{d_{ij} + 1} (1 - u_{kj})^m \|x_j - v_k\|^2 \quad (2)$$

де i – центр локального вікна N_i , x_j пікселі вікна; k – поточний кластер. Нечіткий фактор G_{ki} не залежить від додаткових параметрів для контролю чутливості, а розмір і форма локального вікна може змінюватися (круг, шестикутник тощо) в залежності від бажаних результатів.

Використовуючи G_{ki} отримуємо об'єктну функцію:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^c \left[u_{ki}^m \|x_i - v_k\|^2 + G_{ki} \right] \quad (3)$$

Експериментальні результати представлені на прикладі сегментації слабконтрастного медичного МРТ зображення (рис. 1 а).

На рис. 1 б, в наведено результат кластеризації зображення базовим алгоритмом і з урахуванням просторової складової (1), відповідно. Дефазифікація проведена на основі максимуму функції належності.

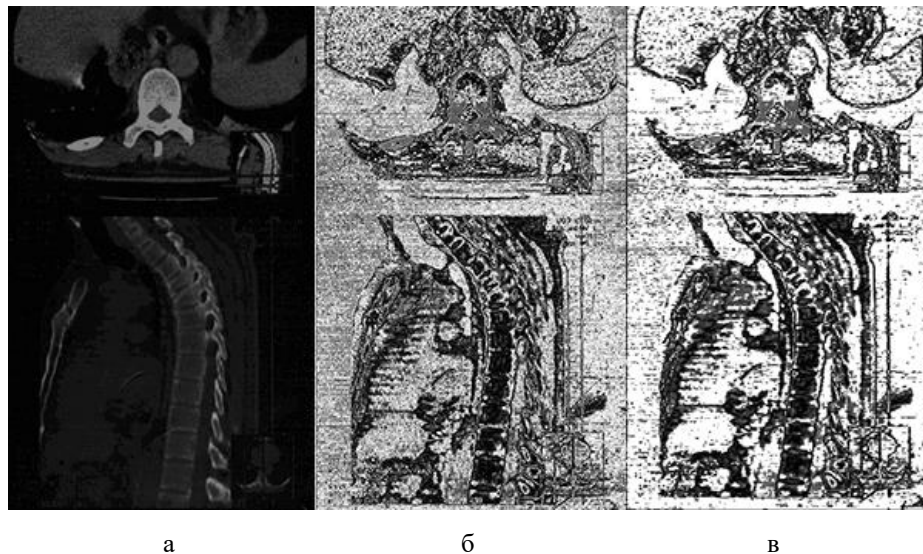


Рис. 1. Сегментація МРТ головного мозку: а) вхідне зображення; б) FCM; в) облік просторової складової

Висновки. Врахування просторової інформації для сегментації зображень дозволяє забезпечити більш високий ступінь стійкості до шуму при виділенні об'єктів порівняно з базовим алгоритмом FCM. Метод дефазифікації суттєво впливає на інформативність результату сегментації.

- [1] Bernd Jähne Horst Haußecker Peter Geißler. Handbook of computer vision and applications / -V. 2. Signal Processing and Pattern Recognition. Academic Press. –1999. – 722p.
- [2] Keh-Shih Chuang. Fuzzy c-means clustering with spatial information for image segmentation / Keh-Shih Chuang, Hong-Long Tzeng, Sharon Chen, Jay Wu, Tzong-Jer Chen//Computerized Medical Imaging and Graphics. – 2006. – Vol. -p. 9–15.
- [3] Ахметшина Л. Г. Просторова нечітка кластеризація в завданні сегментації напівтонових зображень / Ахметшина Л. Г., Моторя В.М., Митрофанов С. К. // Системні технології №1(120), – 2019. – С. 37-43.

SPATIAL FUZZY CLUSTERING IN THE IMAGE SEGMENTATION PROBLEM

L. Akhmetshina, V. Motorya

*Oles Honchar Dnipro National University
intdnp@gmail.com*

Information possibilities of the modified fuzzy clustering method are considered, which, by taking into account the spatial component, provides an increase in the sensitivity and resistance to noise of the segmentation procedure of low-contrast images. The membership function obtained at each iteration step of the FCM method in the neighborhood of each pixel is subject to an aggregation procedure. Experimental results are presented on the example of model and real medical images.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН У СИСТЕМІ ОНЛАЙН-ГОЛОСУВАННЯ

І. Пономарьов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
piv16960@gmail.com*

На традиційних голосуваннях людям доводиться стояти в чергах, довго чекати підрахунку голосів, в той час, як електронне голосування дозволяє голосувати, не виходячи з дому та швидко отримати результати. Одна з основних проблем при проведенні онлайн-голосувань – це конфіденційність: голоси можна підмінити, а хакери можуть дізнатися, який вибір зробила та чи інша людина.

Технологія блокчейн [1] гарантує як безпеку, так і анонімність голосування, а також може допомогти підвищити явку учасників.

Блокчейном називається вибудований за певними правилами безперервний послідовний ланцюжок блоків, які містять інформацію. Копії ланцюжків блоків зберігаються на безлічі різних комп'ютерів незалежно один від одного.

Усі сучасні блокчейн системи володіють важливими властивостями, серед яких особливо велике значення мають:

- прозорість. Доступ до всієї історії подій – результатами голосування, угодами та іншими записами - завжди відкритий усім учасникам системи;
- децентралізація. Історія транзакцій зберігається у кожного учасника на жорсткому диску, а не на головному сервері;
- анонімність. Для роботи у блокчейні не потрібно розкривати свою особистість;
- безпека. Ніхто не підробить і не підмінить зафіксовану у блокчейні інформацію. Можна бути впевненим, що вона достовірна;
- рівноправність. У блокчейні немає адміністраторів або зберігачів інформації, а у всіх учасників однаковий статус і можливості.

Отже, розробка блокчейн систем надає широкі можливості для створення безпечних систем зберігання даних.

Для використання технології блокчейн у системі голосування необхідно виконати наступні кроки:

1. Розробити модель блокчейн-сховища, яка зберігає необхідну інформацію про користувачів та результати голосування.
2. Розробити алгоритм майнінгу та зв'язування блоків.
3. Реалізувати можливість авторизації та реєстрації користувачів у блокчейн-мережі.
4. Створити функціональні можливості реєстрації та проведення голосувань, а також підрахунок загальної кількості голосів.
5. Створити систему обміну інформацією між вузлами мережі.

Блокчейн сховище зберігається у вузлах мережі у вигляді ланцюжка блоків зв'язаних між собою. Вузли мережі виступають у ролі майнерів або звичайних користувачів. Для створення повноцінного децентралізованого блокчейну та для доказу виконання роботи (Proof-of-Work) [1] необхідно забезпечити зв'язок між вузлами мережі в режимі реального часу.

Спочатку створення ланцюжка блоків необхідно створити genesis-блок, на хеш-суму якого і будуть спиратися наступні блоки. На етапі додання нового блоку у існуючий ланцюжок блоків, відбувається процес майнінгу, який реалізований за допомогою

алгоритму хешування SHA-256 [2]. Для успішного майнінгу блоку, необхідно щоб хеш-сумма блоку була менше заданої складності, тільки після цього блок додається до блокчейн ланцюжка (рис.1).

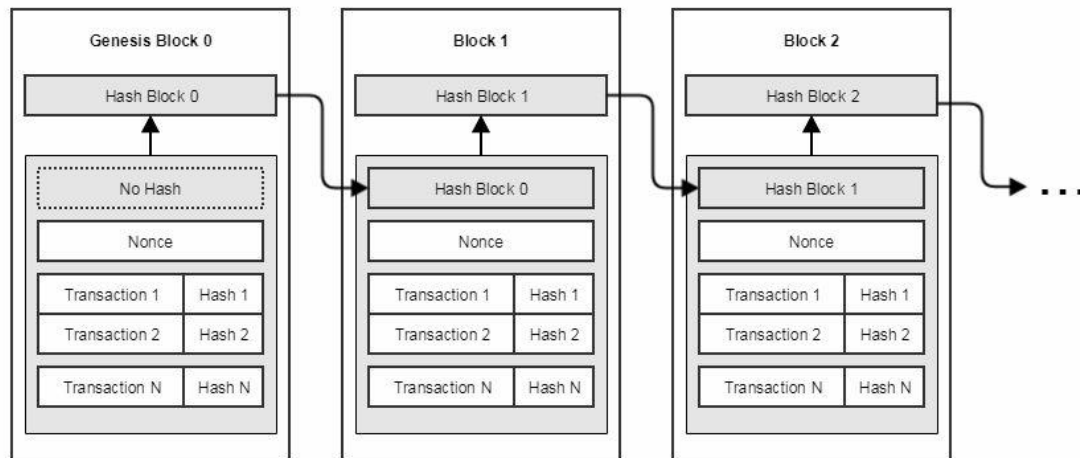


Рис. 1. Ланцюжок блоків у блокчейн-мережі

Алгоритм процесу голосування. Користувач обирає варіант відповіді на опитування. Усім майнерам надсилається запит з варіантом відповіді, обраним користувачем, та логін користувача. Майнери починають пошук блоків з відповідями даного користувача, для того щоб перевірити, що він ще не брав участь у цьому опитуванні. Після чого починається майнінг і у разі успішного додавання блоку, майнер повертає серверу повідомлення про успішний майнінг блоку. Якщо більш ніж 50% майнерів повідомили про успішний майнінг, то відповідь користувача приймається.

Завдяки децентралізації результати голосування залежать не від єдиного центру, а в однаковій мірі від усіх вузлів мережі, оскільки усі учасники мережі є рівноправними і зберігають повну історію транзакцій.

- [1] Satoshi Nakamoto Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Електронний ресурс]
Режим доступу: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [2] SHA-256 Cryptographic Hash Algorithm [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<https://www.movable-type.co.uk/scripts/sha256.html>

THE POSSIBILITIES OF USING THE BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE ONLINE VOTING SYSTEM

I. Ponomarev

*Oles Honchar Dnipro National University
piv16960@gmail.com*

Blockchain technology was created for cases when you need to achieve the trust of all participants. A blockchain is a distributed decentralized system that stores a sequence of blocks with information about operations performed in such a system and uses cryptographic methods to protect this information. It is an ideal tool for registering votes and making decisions based on electronic voting.

ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ БІОІМПЕДАНСУ

А. Балаханова, М. Мілих, Д. Чернетченко, Н. Боцьва

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

kef.dnu@gmail.com

Вимірювання біоімпедансу як метод визначення основних складових організму людини сьогодні поширений у наукових дослідженнях, спорті та медицині, де він застосовується для виявлення та прогнозування деяких захворювань і спостереження за перебігом реабілітації [1].

Згідно зі стандартом ІЕС 60601-01-2005, максимальне значення струму при вимірюванні біоімпедансу не має перевищувати 0,1 мА, тестові сигнали необхідно подавати з джерела струму, яке має вказане обмеження, і визначати падіння напруги на імпедансі біологічного об'єкта. При вимірюванні імпедансу прийнято використовувати гармонічні сигнали з частотою до 500 кГц [1]. При характеристичній частоті, що відповідає максимуму реактивного опору біологічної тканини, точність методу суттєво підвищується [2].

За таких умов актуальною є розробка цифрових методів багаточастотного аналізу з пошуком значень частот, що забезпечать максимальну точність вимірювань імпедансу. Разом з цим, багаточастотний метод з використанням прямого цифрового синтезу (DDS) дає можливість застосувати метод цифрової обробки з використанням квадратур тестового сигналу, що дозволяє вимірювати напругу та зсув фаз із високою точністю.

У роботі для визначення параметрів амплітуди та зсуву фаз при вимірюванні імпедансу використана тетраполярна схема накладення електродів: два електроди для подавання струму (І-електроди) та два електроди для вимірювання напруги (U-електроди). Здійснюється вимірювання напруг трьох сигналів: напруги на тестовому І-елементах, напруги на U-елементах, підключених до диференційного підсилювача, та напруги на вході джерела струму тестового сигналу. Найкращу точність надає метод біоімпедансометрії всього тіла з накладенням електродів на гомілку та зап'ястя [1].

Визначення початкової фази тестового сигналу необхідно при калібруванні пристрою для вимірювання імпедансу.

Цифрову обробку сигналів, цифро-аналогове перетворення тестових сигналів та їх формування, аналого-цифрове перетворення здійснює мікроконтролер STM32F407 [3].

Значення тестового сигналу та значення квадратур формуються з одного 12-розрядного масиву синусів розміром N. При частоті дискретизації 1,024 МГц, частоті тактування системної шини HCLK і DMA 168.0 МГц та частоті тактування АЦП 21.0 МГц крок зміни частоти тестового сигналу 1.0 кГц при N = 1024. Мінімальна частота тестового гармонічного сигналу становить 10.2 кГц, максимальна частота – 1.3 МГц. Розрядність вбудованих АЦП та ЦАП складає 12 біт. Для генерації та аналогово-цифрового перетворення сигналу в режимі реального часу використовували систему пам'яті із прямим доступом (ПДП, або DMA). Об'єм використаної модулем DMA оперативної пам'яті при біполярному режимі складає 2,048 байт, при тетраполярному – 4,096 байт.

Для створення комплексу використовували такі програми та середовища розробки: mbed; CubeMX та IAR для STM32F407; PyCharm для Python; IAR Workbench.

У середовищі IAR Embedded Workbench розроблено проект, структура якого складається з таких модулів:

- bio_impedance.c: головний блок проведення біоімпедансометричних випробувань, математика обчислення;
- comm_protocol.c: модуль комунікаційного протоколу для зв'язку мікроконтролера з ПК;
- core.c: налаштування ядра мікроконтролера;
- main.c: головний цикл програмного забезпечення;
- queue.c: програмна черга для відправлення даних до ПК за допомогою інтерфейсу UART;
- timers.c: програмна реалізація процесів, пов'язаних із апаратними таймерами мікроконтролера;
- uartio.c: модуль відправлення та прийняття даних за допомогою інтерфейсу UART.

Головні модулі мікроконтролера, що використані у проекті, – це DAC, ADC, DMA для прямого доступу до пам'яті. Головний цикл програми очікує команди від ПК та запускає процес, якщо по UART прийшов необхідний сигнал. Загальний потік даних у контролері такий: DMA->DAC->ADC->DMA. Блок обміну даними з ПК представляє собою протокол, що описується кодом. Дані передаються у пакетному режимі, пакетами довжиною 14 байт, із заголовком пакету 0xAA, 0x55 та байтами завершення пакету даних: 0x05 0xAA [2].

У середовищі розробки PyCharm розроблено проект за допомогою інструментів мови програмування Python для взаємодії із мікроконтролером. Головна мета програмного забезпечення полягала у відправленні керуючих команд до пристрою та отриманні від пристрою зареєстрованих даних. Програмне забезпечення дає змогу за допомогою елементів графічного інтерфейсу керувати процесом запуску вимірювань, задавати струм, частоту та режим генерованого пристроєм сигналу.

- [1] Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука. (2009).
- [2] Ward L.C., Dyer J.M., Byrne N.M., Sharpe K.K. Validation of a three-frequency bioimpedance spectroscopic method. Nutrition. Vol.23. (2007). P.657–664.
- [3] STM32F407 data sheet. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.st.com>.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR BIOIMPEDANCE MEASUREMENTS

A. Balahanova, M. Milykh, D. Chernetchenko, N. Botsva

*Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com*

The digital signal processing in bioimpedance studies using three measurement channels is considered: the voltage at the input of the test signal current source, the voltage drop across the current electrodes and the differential voltage at the electrodes for measuring the voltage drop at the studied impedance. A tetrapolar electrode overlay pattern is used. The amplitude of the measured voltages and the phase shift are determined using the quadrature of the test signal used at frequencies of 1-500 kHz. A software package has been developed for a microcontroller STM32F407 for processing and control: calculating the impedance of the measured voltages, programs for a communication protocol for data exchange and graphical interface.

ІНТЕГРАЦІЯ PLM СИСТЕМИ В СЕРЕДОВИЩЕ MATLAB

А. Філенко, І. Пономарьов, В. Алексєєнко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
filenkoandriy@gmail.com*

Управління життєвим циклом продукції PLM (product lifecycle management) - це стратегія ведення бізнесу на основі системних бізнес-рішень, які підтримують колективну розробку, управління, поширення і використання інформації про специфікацію продукції в рамках розширеного підприємства від концепції зародження до кінця життєвого циклу продукції. PLM забезпечує інтеграцію персоналу, виробничих процесів, бізнес-систем та захисту інформації [1].

Проте, будь-яка PLM система є дійсно корисною тільки у випадку її інтеграції з засобами розробки документації (Microsoft Office), засобами проектування (САПР – система автоматизованого проектування) та іншими середовищами розробки, яким, наприклад є MATLAB. Часто середовище MATLAB використовується для побудови математичних моделей деталей, виробів, схем та симуляцій за допомогою засобів Simulink.

Одною з найвідоміших PLM систем є Aras Innovator. Дана система є відкритою, її базова версія розповсюджується безкоштовно. Багато великих міжнародних підприємств використовують її для контролю життєвого циклу продукції.

Завдання інтеграції PLM системи Aras Innovator з середовищем MATLAB є актуальним та важливим.

По-перше, слід зазначити, що результатом розробки інтеграційної програми є програма-розширення для MATLAB, яка використовує розроблену бібліотеку ArasToMatlabIntegration.dll. Архітектуру додатку можна представити наступною схемою.

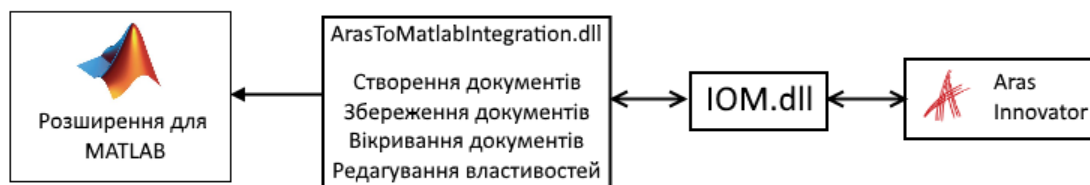


Рис. 1. Архітектура розробленого додатку інтеграції Aras в MATLAB.

Після встановлення, розширення MATLAB завантажує бібліотеку ArasToMatlabIntegration.dll. Завантаження бібліотеки проводиться програмними засобами MATLAB, нижче представлено команду для завантаження DLL файлу:

```
NET.addAssembly('c:\work\ArasToMatlabIntegration.dll');
```

Дана збірка надає основний функціонал зі створення нового документу, збереження документу в Aras Innovator, завантаження та відкриття документу з Aras Innovator в MATLAB. Крім того передбачена можливість редагувати властивості кожного документа.

Документом в даному випадку є архів (zip) тек з різноманітними файлами. Обрано

саме такий формат збереження, задля забезпечення зберігання великої кількості файлів, яка може бути використана при розробці симуляцій в Simulink.

В свою чергу бібліотека ArasToMatlabIntegration.dll використовує API бібліотеку IOM.dll від Aras Innovator, яка надає програмний інтерфейс взаємодії з PLM платформою [2]. До прикладу, даний лістинг C# коду отримує інформацію про деталь з номером T-101300:

```
Item part = this.newItem("Part","get");  
part.setProperty("item_number", " T-101300");  
part = part.apply();
```

Для роботи з даною програмою на стороні сервера Aras Innovator має бути імпортоване розроблене рішення (пакет), яке складається з елементів (Items), форм та зв'язків необхідних для конфігурації програми.

Aras Innovator має механізм для створення таких пакетів [3]. Розробник може створити нові типи, елементи цих типів, форми, зв'язки (Relationships), серверні та клієнтські методи, обробники подій та ін.. Додати всі ці елементи в пакет та експортувати з сервера за допомогою допоміжної програми Aras Export. Даний пакет може в подальшому використовуватися для розгортання PLM рішення на інших серверах. Фактично, пакет являє собою набір XML файлів, які містять необхідні запити, записані мовою AML (Adaptive Markup Language). Дані запити створюють, оновлюють та видаляють відповідні елементи та зв'язки між ними, створюючи необхідну структуру об'єктів на сервері.

В ході роботи було оцінено високі можливості PLM системи Aras Innovator до інтеграції у середовище MATLAB, до розширення та налаштування рішень під різні варіанти застосування.

- [1] Управление жизненным циклом изделия. [Електронний ресурс]: URL: http://plmpedia.ru/wiki/Управление_жизненным_циклом_изделия.
- [2] Aras Innovator 12. Programmer's Guide. [Електронний ресурс]: URL: <https://www.aras.com/-/media/files/documentation/other-documentation/en/12-0/aras-innovator-120--programmers-guide.ashx>.
- [3] Packaging Customizations To Aras Applications. [Електронний ресурс]: URL: <https://community.aras.com/b/english/posts/packaging-customizations-to-aras-applications>

PLM SYSTEM INTEGRATION IN MATLAB ENVIRONMENT

A. Filenko, I. Ponomarev, V. Aleksieienko

*Oles Honchar Dnipro National University
filenkoandriy@gmail.com*

This work aims to develop a program (extension) for MATLAB that integrates it with Aras Innovator PLM system and provides basic functionality for work with documents. Possibilities and architectural approach to application building are considered and implemented. A package to configure the server-side Aras PLM system has been created. In addition, an installation package has been created for this application that allows you to automatically implement the extension in MATLAB.

СТВОРЕННЯ МОДУЛЯ VHDL-ОПISY ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ НА ПЛІС В XILINX ISE DESIGN SUITE

В. Чумак, І. Свид

Харківський національний університет радіоелектроніки

valeriia.chumak@nure.ua

VHDL - це спеціалізована комп'ютерна мова, яка використовується для опису структур і поведінки цифрових логічних схем. VHDL є основною мовою в розробці апаратних засобів сучасних обчислювальних систем. Одним із сучасних САД-систем для проектування пристроїв на FPGA є ISE Design Suite фірми Xilinx.

Xilinx рекомендує Vivado Design Suite для нових розробок починаючи з сьомої серії FPGA. За словами представників компанії Xilinx в FPGA, 7-а серія втілює в собі всі світові досягнення в області розробки архітектури FPGA [1]. Використання System Generator, включеного в Vivado System Edition для DSP, дозволяє розробникам з невеликим досвідом проектування швидко створювати високоякісні проекти DSP при менших витратах в порівнянні з традиційним дизайном RTL [2]. Однак, для реалізації деяких задач все так же існує необхідність використання мікросхем 6-ї серії. Пакет розробки ISE DS підтримує пристрої Spartan-6, Virtex-6 і CoolRunner, а також їх сімейства попередніх поколінь. До складу пакетів сучасних САПР, зокрема ISE Design Suite, входить редактор HDL-коду, який, крім найпростіших операцій редагування, підтримує механізм шаблонів. Застосування шаблонів, які підтримуються вбудованим HDL-редактором САПР серії Xilinx ISE Design Suite, надає розробникам цілий ряд переваг, серед яких найбільш істотними є:

- скорочення часу створення вихідних описів проектного пристрою;
- виключення синтаксичних помилок, поява яких можлива при наборі тексту опису вручну, за допомогою клавіатури;
- можливість використання готових налагоджених конструкцій для подання елементів які найбільш часто зустрічаються і функціональних блоків розроблюваних пристроїв;
- можливість створення і використання в подальшій роботі власних відпрацьованих конструкцій;
- підтримка формування описів спеціалізованих апаратних модулів, що входять до складу архітектури кристалів програмованої логіки перспективних серій Virtex і Spartan.

Створення VHDL-опису розроблюваного пристрою або його функціональних блоків починається з виконання процедури підготовки основи нового вихідного модуля проекту. При цьому здійснюється запуск майстра формування основи нового вихідного модуля опису, де перш за все потрібно вказати тип створюваного вихідного модуля. Після чого редагувати назву створюваного модуля і вказати його місце розташування.

Після введення назви створюваного файлу VHDL-опису та натискання кнопки «Далі», відкривається наступна діалогова панель майстра формування основи нового вихідного модуля опису, іменована Define Module - надає можливість визначення в наочній формі вихідних даних для створюваного VHDL-опису. Містить два поля редагування - Entity Name і Architecture Name, а також таблицю, в якій повинна бути представлена вся необхідна інформація про інтерфейсні порти описуваного об'єкта. У першому полі редагування необхідно вказати ім'я об'єкта. За замовчуванням пропонується ідентифікатор, що співпадає з назвою створюваного модуля. Ім'я

архітектурного тіла VHDL-опису вказується в полі редагування Architecture Name. За умовчанням як ім'я архітектурного тіла пропонується ідентифікатор Behavioral. Він передбачає, що в описі буде використаний поведінковий стиль. При необхідності за допомогою клавіатури можна змінити даний ідентифікатор.

Далі слід заповнити таблицю опису портів: ввести ідентифікатор порту, вказати тип порту для передачі даних, вказати інформацію про структуру сигналу, який асоціюється з описуваним портом. Решта заповнюється в разі використання портів, представлених у вигляді шин і описуваних за допомогою векторів.

Далі відкривається заключна інформаційна панель, де відображається вся інформація, на базі якої виконується автоматичне формування основи нового модуля VHDL-опису. По закінченню роботи в навігаторі проекту відкривається нове робоче вікно вбудованого HDL-редактора, в якому відображається автоматично сформований код. Згенерований код основи нового VHDL-опису проектного пристрою включає декларацію використовуваних бібліотек і пакетів, інтерфейсу описуваного об'єкта entity і основу архітектурного тіла VHDL-опису.

Для отримання закінченого опису на мові VHDL потрібно вказати довідкову інформацію про створюваний вихідному модулі, в тому числі відомості про розробника, часу створення і версії опису, активувати посилання на застосовувані бібліотеки, помістити вираження декларації всіх використовуваних внутрішніх сигналів, констант, змінних і компонентів, а також визначення функцій і процедур, які будуть викликатися при описі архітектури об'єкта, додати визначення функціонування або структури об'єкта, який представляє розроблювальний пристрій.

- [1] Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev, Liliia Saikivska, Oleg Zubkov. Review of Seventh Series FPGA Xilinx. // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: 2019. – P. 25-26.
- [2] Oleg Zubkov, Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev, Liliia Saikivska. In-circuit Signal Analysis in the Development of Digital Devices in Vivado 2018. // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: 2019. – P. 12-13.

CREATING A VHDL-DESCRIPTION MODULE FOR DESIGNING DIGITAL SYSTEMS ON FPGA IN XILINX ISE DESIGN SUITE

V. Chumak, I. Svyd

*Kharkiv National University of Radio Electronics
valeriia.chumak@nure.ua*

When implementing large projects based on modern FPGAs, there are limitations to the circuitry method for describing digital devices, which are removed using high-level languages VHDL and Verilog. These limitations are most noticeable when using FPGA chips. Currently, the main means of representing digital devices in their design are HDL (Hardware Description Language). The use of high-level hardware description languages also increases the mobility of projects under development, since most design systems of various manufacturers support VHDL and Verilog standards.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РАДІОХВИЛЬОВОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЕНИХ СТРУКТУР

О. Вовк, М. Андрєєв

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ovovkmail@gmail.com*

Використання радіохвильових методів дозволяє проводити дистанційний безконтактний контроль різних структур. Особливо ефективно це може бути виконано для розподілених структур, у яких просторова залежність параметрів, що впливають на коефіцієнт відбиття, носить кусково-постійний характер, наприклад для діелектричних покриттів або для композитних матеріалів з діелектричних шарів [1]. Для ефективної реалізації радіохвильового контролю необхідно виконувати однозначне перетворення первинного сигналу перетворювача в параметри розподіленої структури [2]. Одним з найбільш перспективних засобів для виконання такого перетворення в цифровому виді є комп'ютерна нейронна мережа. Особливо корисним може бути використання нейронної мережі для випадку, коли необхідно розв'язувати зворотну задачу визначення параметрів об'єкта за його характеристиками і при цьому не існує явної аналітичної моделі, що пов'язує параметри об'єкта та його характеристики. Така задача виникає при обробці даних рефлектометричних вимірювань коефіцієнта відбиття з метою визначення параметрів шаруватих діелектричних структур [3]. Але для ефективного використання комп'ютерної нейронної мережі для розв'язку цієї задачі необхідно забезпечити її відповідне навчання. Цьому питанню і присвячена дана робота.

Основною проблемою при навчанні комп'ютерної нейронної мережі для розв'язку вказаної оберненої задачі є складність одержання різноманітних розв'язків прямої задачі. Експериментальний підхід для рішення цієї проблеми сполучений з великими матеріальними та часовими витратами, обчислювальний підхід ускладнений відсутністю простих аналітичних співвідношень для таких обчислень. Тому для навчання нейронної мережі в середовищі MATLAB за множиною всіх можливих значень параметрів досліджуваного об'єкта і відповідних їм характеристик відбиття від досліджуваної структури було використано комп'ютерне моделювання цих характеристик за допомогою спеціалізованої програми для електродинамічних розрахунків HFSS. У ній була створена модель рефлектометричного вимірювального тракту, що включає в себе хвилевідний рефлектометр, рупорну антену та шарувату діелектричну структуру перед нею. Також був розроблений програмний комплекс, котрий виконує запуск проекту HFSS з середовища MATLAB, його необхідне конфігурування, розрахунок необхідних характеристик, які й використовувались для навчання, та їх передачу назад в середовище MATLAB з допомогою сучасних COM-технологій. У розробленому програмному комплексі MATLAB виступає як контролер автоматизації OLE, а HFSS – як сервер автоматизації OLE. Це дозволило прикладній програмі-серверу (HFSS) надати свої сервіси в розпорядження програми-клієнта (MATLAB) через діспінтерфейси. Програмне середовище HFSS публікує інтерфейс, через який програма-клієнт (MATLAB) може настроїти потрібні властивості об'єкта та одержати доступ до нього. Так як стандарт COM заснований на єдиному для всіх підтримуючих його мов форматі таблиці, що описує посилання на методи об'єкта, який реалізує інтерфейс, те все це доступно з

інтерпретатора MATLAB, що використовує технологію OLE Automation, яка ґрунтується також на COM, і є її підмножиною.

Для розв'язку поставленої задачі використовувалася нейронна мережа на основі алгоритму зворотного поширення помилки (feed-forward backpropagation network). Нейронна мережа спочатку навчалася, застосовуючи грубу модель плоскохвильового наближення для характеристики відбиття від розглянутої шаруватої діелектричної структури, а потім за більш точними даними чисельного розв'язання прямої задачі за допомогою методу скінченних елементів, отримання яких пов'язане з великими часовими витратами, ніж використання вихідної грубої моделі. Це дозволило створити нейронну мережу, яка з досить високою точністю визначала параметри багат шарового діелектричного покриття в широкому діапазоні їх значень, що було також підтверджено на тестовому наборі під час обробки даних реального експерименту.

У результаті проведених досліджень була показана можливість створення комп'ютерної нейронної мережі, що дозволяє за даними дистанційного вимірювання внесеного коефіцієнта відбиття визначати параметри такої розподіленої структури як багат шарове діелектричне покриття. Результати роботи можуть бути корисними при розробці нейронних мереж для визначення параметрів інших розподілених структур за результатами вимірювань їх характеристик.

- [1] Andreev M.V. A comparative analysis of the information potentialities of multifrequency radiowave method of testing multilayered dielectric structures using a quasisolution / M. V. Andreev, V. F. Borulko, O. O. Drobakhin // Russian Journal of Nondestructive Testing, 1996, Vol. 32, No 2, pp. 152-160.
- [2] Andreev M.V. Practical realization of the method of quasi-solutions when determining the parameters of the layers of multilayer dielectric structures. / M. V. Andreev, V. F. Borulko, O. O. Drobakhin // Russian Journal of Nondestructive Testing, 1996, Vol. 32, No 9, pp. 710-719.
- [3] Andreev M.V. Quasi-solution for estimation of parameters of multilayer dielectric structures using reflection characteristic measured with discrete frequencies / M. V. Andreev, V. F. Borul'ko, O. O. Drobakhin // Defektoskopiya, 1996, No 9, pp. 47-60.

USING A COMPUTER NEURAL NETWORK FOR RADIOWAVE MONITORING OF DISTRIBUTED STRUCTURE PARAMETERS

O. Vovk, M. Andreev

*Oles Honchar Dnipro National University
ovovkmail@gmail.com*

Computer neural network for radiowave monitoring of the parameters of distributed structures has been examined. HFSS software environment was used to calculate the characteristics of distributed structures and MATLAB software environment was used to train the neural network for determining parameters of structure under test. Created neural network with high accuracy allowed to determine the parameters of the multilayer dielectric coating in a wide range of values. This possibility was confirmed during the experiments.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОХВИЛЬОВОГО СИГНАЛУ

В. Мусієнко, М. Андрєєв

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dsu-microwave@mail.ru*

Розробка засобів відновлення параметрів мікрохвильового сигналу, зокрема визначення значень комплексного коефіцієнту відбиття, є актуальною науково-технічною задачею. Для відновлення комплексних значень мікрохвильового сигналу широке застосування знаходять схеми на основі фазових детекторів [1-2], але цей підхід потребує створення опорного сигналу, що призводить до ускладнення вимірювального обладнання. Альтернативою до цього підходу є застосування багатоканальних схем з використанням звичайних детекторних перетворювачів, але у цьому випадку виникає проблема підбору оптимальної конструкції дванадцятиполюсника, що забезпечує необхідні характеристики. Використання просторово рознесених зондів повздовж однорідної ділянки хвилеводу для визначення комплексного коефіцієнта відбиття розглядалося різними дослідниками як основа для створення мікрохвильового рефлектометра. Однак у цих підходах відсутня універсальність, що дозволяє реалізувати легко масштабовану робастну цифрову процедуру визначення комплексного коефіцієнта відбиття для решітки зондів довільної довжини. Ефективний розв'язок цієї проблеми запропонований у [3], але подальший розвиток цього підходу вимагає розгляду переходу на мікросмужкову елементну базу.

Для розгляду цієї проблеми було виконане комп'ютерне моделювання схеми відновлення параметрів мікрохвильового сигналу на базі мікросмужкових дільників потужності. В якості базового елементу цієї схеми розглядався дільник потужності на гладких переходах (рис. 1) та дільник потужності з Т-подібним відгалуженням. Очікувалось, що подальше перетворення вихідних сигналів детекторів виконуються у цифровій формі з метою встановлення шуканих параметрів вхідного мікрохвильового сигналу. Наскрізне комп'ютерне моделювання багатоканальних перетворювачів виконувалося за допомогою програмного середовища AWR Microwave Office.

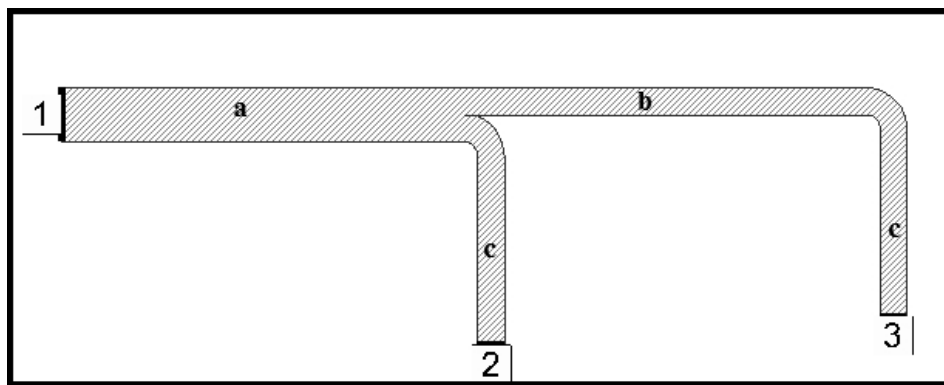


Рисунок 1 - Модель дільника потужності на гладких переходах з двома відгалуженнями

Було виконане комп'ютерне моделювання мікросмужкових дільників потужності та оптимізація їх параметрів для подальшого використання в схемі для визначення комплексного коефіцієнта відбиття. Були отримані амплітудно-частотні характеристики для базових дільників потужності з одним та чотирма відгалуженнями. Були встановлені

оптимальні параметри схеми, які дозволяють на основі мікросмужкових дільників реалізувати конструкцію подібну до багатозондової вимірювальної лінії. Для розрахунку комплексного коефіцієнта відбиття була використана робастна цифрова методика визначення комплексного коефіцієнта відбиття для решітки зондів довільної довжини, що запропонована в [3].

На базі дільників потужності з двома відгалуженнями була розглянута конструкція схеми з однією детекторною секцією та відрізком мікросмужкової лінії змінної довжини, яка дає змогу визначати комплексний коефіцієнт відбиття з використанням чисельних методів обробки сигналу. Було встановлено, що даний метод визначення комплексного коефіцієнта відбиття забезпечує належну точність (для розглянутих в роботі значень параметрів схеми похибка визначення коефіцієнта відбиття не перевищувала 0.1%), але має складності в автоматизації процесу вимірювання. Розглянуті схеми для визначення комплексного коефіцієнта відбиття на базі 12-полосників вирішують проблему автоматизації, за рахунок наявності 4-х детекторних секцій та одночасного вимірювання в 4-х просторово рознесених точках, але мають меншу точність (похибка не перевищувала 3%) у порівнянні зі схемами, що мають одну детекторну секцію. Даний недолік можна виправити, використовуючи більш складні методи обробки сигналів.

В результаті проведених досліджень встановлені оптимальні параметри схеми, які дозволяють на основі мікросмужкових дільників реалізувати конструкцію подібну до багатозондової вимірювальної лінії. Було встановлено, що даний підхід дозволяє отримувати значення комплексного коефіцієнта відбиття з похибкою не більшою ніж 3%.

- [1] Веселов Г.И., Егоров Е.Н., Алехин Ю.Н. Микроэлектронные устройства СВЧ. Москва: Высшая школа (1988). 280 с.
- [2] Дробахин О.О., Плаксин С.В., Рябчий В.Д., Салтыков Д.Ю. Техника и полупроводниковая электроника СВЧ. Севастополь: Вебер (2013). 320 с.
- [3] Andreev M. V., Drobakhin O. O., Saltykov D. Yu. Complex Reflection Coefficient Determination via Digital Spectral Analysis of Multiprobe Reflectometer Output Signals. Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering. (Kyiv, Ukraine, May 29 – June 2, 2017). P. 170-175.

COMPUTER MODELING OF MULTI-CHANNEL CONVERTERS TO RESTORE THE MICROWAVE SIGNAL PARAMETERS

V. Musienko, M. Andreev

*Oles Honchar Dnipro National University
dsu-microwave@mail.ru*

Computer modeling of multi-channel converters to restore the microwave signal parameters has been examined. AWR Microwave Office software environment was used to modeling of circuits based on multichannel microstrip converters with simple detector sections. The output signal from the detector sections was processed by the numerical method and the reflection coefficient was restored. It was found that this approach allows obtaining the value of the complex reflection coefficient with an error not exceeding 3%.

СХЕМОТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

П. Французан, Д. Чернетченко, П. Бутенко, О. Єліна

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

kef.dnu@gmail.com

Сьогодні все більш широке застосування у всіх сферах життєдіяльності та промисловості набувають інтегральні датчики фізичних величин (ДФВ). Датчики застосовують у промисловому контролі, системах автоматизації виробничих процесів, на автомобільному, авіаційному та залізничному транспорті, у галузі ракетно-космічної та авіаційної техніки. Вони незамінні при вимірах фізичних величин в екстремальних умовах та в умовах контролю необхідних параметрів в неперервному режимі. У зв'язку зі складністю і трудомісткістю технологічного процесу виготовлення ДФВ [1], особливого значення у процесі їх проектування набувають методи математичного моделювання, застосування яких дозволяє істотно скоротити терміни і витрати на розробку ДФВ спеціального призначення.

Для комплексного дослідження параметрів об'єктів та/або стану оточуючого середовища актуальним є застосування значної кількості ДФВ різної природи. Сьогодні це можливо завдяки розвитку стандартних інтерфейсів та сучасної мікроконтролерної техніки. Розробка саме такої системи є задачею даної роботи.

У якості параметрів для виміру обрано температуру, вологість та атмосферний тиск. По-перше, цей набір є значною мірою базовим як для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності та праці, так і для багатьох виробничих процесів. По-друге, інтегральні рішення для датчиків температури та тиску, що наявні на ринку, дозволяють розробляти портативні та універсальні рішення для будь-яких мікроконтролерних платформ.

У якості мікроконтролерного пристрою використана плата Arduino UNO на базі мікроконтролера Atmega328P. Тактування здійснюється на частоті 16 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записано завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.

Макет приладу складається з плати Arduino та двох датчиків: температури і вологості та атмосферного тиску. Живлення плати здійснюється двома способами: по кабелю USB або від зовнішнього джерела живлення 5 В.

Управління цифровим інтегральним датчиком атмосферного тиску BMP085 здійснюється за допомогою стандартного двопроводового інтерфейсу I2C. Датчик випускається у корпусі LCC8, його габарити (5 x 5 x 1,2) мм; діапазон виміру атмосферного тиску 300-1100 гПа (225-825 мм рт. ст.); дозвіл 0,03 гПа. До складу датчика вологості та температури DHT11 входять ємнісний датчик вологості і термістор [2]. Також, датчик містить у собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури у цифрові. Датчик забезпечує визначення вологості у діапазоні 20-80% з точністю 5%. Частота вимірювань не більше 1 Гц; розміри (15,5 x 12 x 5,5) мм.

Програмне забезпечення розроблено мовою програмування C++ у середовищі розробки Arduino. Для комунікації із датчиками використані бібліотеки DHT та BMP, які реалізують всі низькорівневі взаємодії мікроконтролера з датчиками.

Дані зчитуються з датчиків із частотою 1 Гц та передаються на ПК за допомогою стандартного інтерфейсу UART (швидкість UART встановлена 9600 бод/с). Інформація

на ПК візуалізується за допомогою інтерфейсу монітора послідовного порту (Serial Monitor), вбудованого в середовище Arduino.

Загальний вигляд інтерфейсу з процесом передачі даних наведено на рис.1.

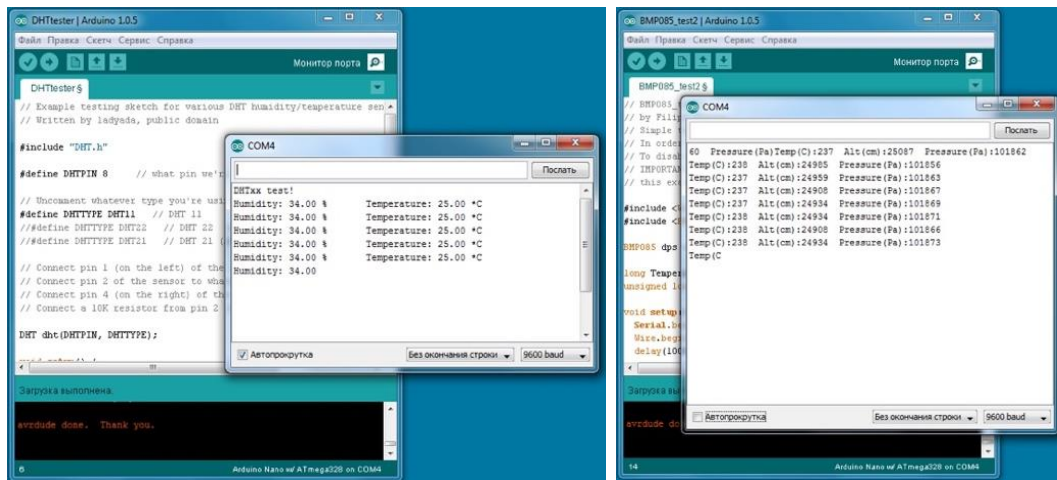


Рис. 1. Графічний інтерфейс монітора послідовного порту середовища Arduino

Розроблена вимірювальна система при передачі даних по UART інтерфейсу на швидкості 9600 бод/с показала хороші параметри точності та стабільності впродовж всієї серії випробувань з 10 експериментів, тривалістю одна година кожний, що відповідає параметрам? заявленим виробниками у технічній документації. При цьому система має відносно низьку вартість завдяки використанню вбудованих електронних датчиків

- [1] Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком. (2009).
- [2] Датчики влажности и температуры для систем вентиляции зданий и сооружений [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://poltraf.ru/vlazhnost/datchiki_vlazhnosti_vozdukh_gazov/vlazhnosti_temperature/

SCHEMOTECHNICAL SOLUTION FOR AUTOMATED CONTROL OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS

P. Francuzan, D. Chernetchenko, P. Butenko, O. Yelina

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

The creation of a system of registration of complex environmental parameters in real-time mode is the very actual problem today. The possibility of creating a multi-parameter microcontroller device for recording the environmental parameters in a continuous mode was shown. Main parameters of environment were temperature, atmospheric pressure and humidity. Integral specialized electronic sensors DHT11 and BMP085 with standard interfaces were chosen.

Presented system has the ability to scale and complement other sensors The device has a relatively low-cost due to the use of integrated electronic sensors and showed good accuracy parameters and stability, which corresponds to the manufacturers declared parameters accordingly to the technical documentation.

БЛОКЧЕЙНОВІ МОДЕЛІ В ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

І. Пономарьов, К. Піддєнєжний

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kloltisimo@gmail.com*

Щоденно зростаюча популярність криптовалют привертає увагу не тільки до їх ринку та впливу на економіку, а й до самого блокчейну. Ця технологія змінює уявлення про зберігання даних і, ймовірно, її можна навіть вважати революційною в цій області.

Однією зі сфер, куди починають активно інтегрувати блокчейн, є сфера зберігання документів і їх контролю. Тут особливо важливо мати гарантії того, що даними маніпулювати ніхто не зможе і перезаписати їх не вийде. Більш того, всім бажаним доступна інформація про те, хто додав той чи інший запис в систему. Такий підхід може використовуватися не тільки для посвідчень особи або документів на майно, адже для сфери освіти він придатний не менше [1].

В даний час навчальні заклади рясніють безліччю різноманітних звітностей будь то журнал відвідувань, самостійні завдання, контрольні, лабораторні або курсові роботи, оцінки, заліки та іспити і т. п. Нескладно уявити скільки такої звітності потрібно зберігати для одного студента, але одноразово в навчальному закладі може навчатися тисячі студентів. Однак більшість звітностей використовують паперовий носій, що в свою чергу веде до складності зберігання, доступу та обробки інформації, яка міститься в них. Рішенням цих проблем може стати використання технології блокчейн для зберігання подібних даних.

Дані в блокчейні представлені послідовністю записів, яку можна доповнювати. Записи разом з допоміжною інформацією зберігаються в блоках. Блоки зберігаються в вигляді однозв'язного списку. Кожен учасник представляється вузлом, який зберігає весь актуальний масив даних і контактує з іншими вузлами. Вузли можуть додавати нові записи в кінець списку, а також повідомляють одна одній про зміни списку [2].

Основною вимогою до таких списків є неможливість їх модифікації, тобто після додавання блоку в список має бути неможливо його звідти видалити або змінити. Це гарантується забезпеченням кожного блоку хеш-сумою від його вмісту. Хеш-сума блоку включається в якості додаткової інформації в наступний блок.

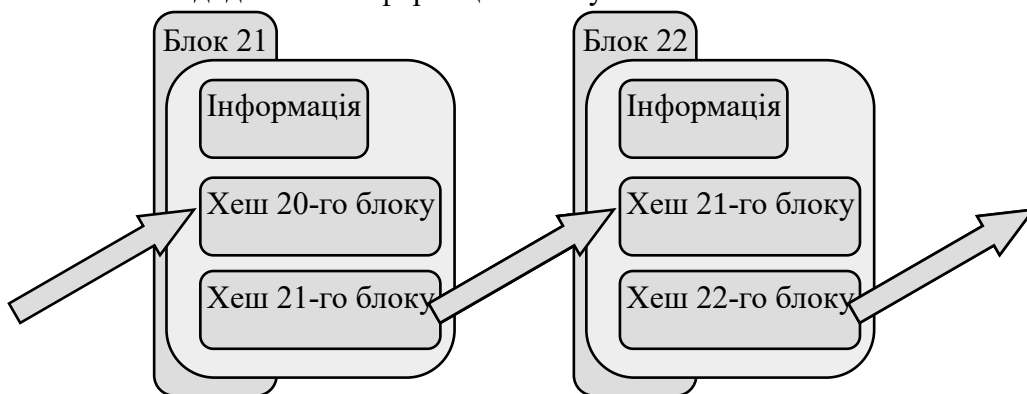


Рис.1. Структурна схема ланцюжка блокчейна.

Із зазначеного вище можна виділити основні переваги блокчейну:

1. Децентралізація. Блокчейн не має єдиного центру управління або місця зберігання, а підтримкою працездатності займаються безпосередньо всі учасники мережі.

2. Збереження даних. Множинне дублювання даних серед учасників мережі гарантує збереження і незмінність внесеної в блокчейн інформації.
3. Прозорість. Кожен учасник мережі має доступ до всього списку, аж до самого першого блоку.

У навчальній сфері звітності не потребують редагування, але в той чи інший проміжок часу потрібні багатьом людям. Наприклад, студенти, їх батьки та викладачі повинні мати змогу подивитись журнал успішності та рейтинг студента серед навчального підрозділу.

Одним із способів реалізувати блокчейн систему для збереження звітностей навчальної сфери є використання відкритих блокчейн платформ, таких як Ethereum, Hyperledger та інших. Для цього потрібно створити приватний блокчейн. Він буде зберігати необхідну інформацію про студентів, дисципліни які вони вивчають, очікуваний графік виконання робіт та отриманні відмітки.

Перед початком роботи з системою студентам та викладачам необхідно пройти процес реєстрації.

На черговому етапі процесу навчання створюється новий блок з новими даними про успішність, зв'язуючись з попереднім в ланцюжок. Таким чином, дані ланцюжка протягом певної кількості часу будуть формувати повну картину успішності студента, завдяки якій можна буде легко відстежити всі його сильні і слабкі сторони і оперативно скоригувати модель навчання, зробивши її більш індивідуально спрямованою.

Копії ланцюжків блоків можуть зберігатися на безлічі вузлів мережі, забезпечуючи збереження і незмінність даних студентів, а контролюючим діяльність освітніх установ органам для перевірки як показників успішності, так і коректності внесення даних достатньо буде лише мати копію цього ланцюжка.

На основі подібної інформації можливо організувати смарт-контракти - описані за допомогою програмного коду, алгоритми, що дозволяють автоматично при виконанні необхідних умов виконувати угоду, укладену в контракті. Смарт-контракт буде виконуватися для студента при успішному проходженні контрольних точок етапів процесу навчання (лабораторних робіт, тестів, модулів, заліків, екзаменів) закладених в освітніх програмах і описаних розробниками в коді, в результаті яких буде видаватися диплом або сертифікат з електронно-цифровим підписом про успішне завершення навчання за певною освітньою програмою.

[1] Блокчейн в образовании – применение и перспективы технологии [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://prostocoin.com/blog/blockchain-education>

[2] М. М. Пряников, А. В. Чугунов, Блокчейн как коммуникационная основа формирования цифровой экономики: преимущества и проблемы // International Journal of Open Information Technologies. —2017. — Т. 5. — № 6. — 49–55

BLOCKCHAIN MODELS IN THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

I. Ponomarev, K. Piddieniezhnyi

*Oles Honchar Dnipro National University
kloltisimo@gmail.com*

The basic principles of blockchain technology are indicated. The advantages of this technology are described. The problem of data storage in the educational field is considered. A method for using blockchain to solve this problem and automate the learning process is proposed.

ВЕРСІОНУВАННЯ СТРУКТУР БАЗ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ LIQUIBASE

В. Герасимов, О. Беліченко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dnepryanin18@gmail.com*

При розробці додатків звичайно використовуються системи контролю версій, такі як Git, Mercurial та інші. Це значно спрощує розробку, адже дозволяє одночасно, не заважаючи один одному, проводити роботу над проектами. Але коли справа стосується баз даних, то частіше за все зміни виконують вручну. Такий підхід створює багато місць, де через людський фактор може щось піти не так. Наприклад, розробник може змінити структуру бази даних на тестовому сервері та забути змінити бойовий сервер, що призведе до купи помилок. Або зробить різні зміни і буде довго шукати причини неробочого сервісу.

Саме щоб уникнути подібних проблем, слід використовувати систему для керування міграціями. Існує багато таких систем, наприклад, Doctrine 2 migrations, Flyway та, насамперед, Liquibase. Але деякі з них платформно-залежні, деякі не мають широкого функціоналу. Серйозний недолік багатьох систем — неможливість застосування деяких змін без втрати даних. Наприклад, перейменування стовпця звичайно відбувається як дві операції: drop та add, що призводить до втрати даних. Для Java-додатків найпопулярніші системи керування міграціями — це Flyway та Liquibase [1].

Концепція Flyway зосереджена навколо семи різних команд (Migrate, Clean, Info, Validate, Undo, Baseline та Repair). Ці команди можуть виконуватися з командного рядка, в процесі збірки або безпосередньо з Java-коду за допомогою викликів API. При виконанні цих команд вам необхідно надати параметри підключення до тієї бази даних (url, ім'я користувача, пароль), яку ви хочете змінити.

Liquibase використовує інший підхід до реалізації рефакторингу БД. На відміну від Flyway, яка підтримує скрипти міграції тільки в форматах SQL і Java, Liquibase дозволяє абстрагуватися від SQL і таким чином усунути прив'язку рефакторингу бази даних до її конкретної реалізації. Liquibase підтримує не лише SQL-скрипти, а й скрипти у форматах XML, YAML і JSON. Перевага XML-скриптів в тому, що вони підтримують автоматичний відкат транзакції. Під час роботи Liquibase автоматично застосовує всі скрипти, які ще не застосовувалися, і зберігає їх метадані в спеціальну таблицю БД. Крім схем і операцій DDL, Liquibase дозволяє мігрувати дані додатків, з підтримкою накладу змін даних і їх відкату.

При використанні Liquibase зміни структури бази даних будуть зберігатися в окремих файлах, які зветься журнали змін (changelogs). Зміни можна зберігати як в одному, так і в декількох файлах з наступним включенням в основний файл. Другий варіант кращий, так як дозволяє гнучко організувати застосування і зберігання журналів змін.

У файлах журналів змін ці зміни подаються у вигляді наборів змін (changesets). Набір змін може містити одну або кілька змін бази даних. Кожен такий набір має бути унікально ідентифікований за допомогою атрибутів id і author. Liquibase створює таблицю databasechangelog в базі даних для відстеження застосованих наборів змін. При кожному запуску Liquibase перевірятиме хеш-суми журналів змін зі значеннями в таблиці. Таким чином, додаток зрозуміє, чи є нові набори змін. Якщо вони будуть знайдені — то будуть застосовані і записані в таблицю databasechangelog. Перевірка хеш-

суми журналів змін не тільки дає змогу зрозуміти, що з'явилися нові зміни в структурі бази даних, а й запобігає вилученню відпрацьованих наборів змін. Саме це завжди додає впевненості в тому, що об'єкти БД знаходяться в такому стані, який потрібен розробнику. Іншими словами, один набір змін — одна транзакція, яка повинна відповідати вимогам АСІД. Набори змін потрібно писати, користуючись тим, що кожна окрема транзакція має бути атомарною, тобто не треба в одному наборі міняти дві таблиці.

Приклад створення таблиці у XML-форматі:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<databaseChangeLog
  xmlns=http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog/1.7
  xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  xsi:schemaLocation="http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog/1.7
    http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog/dbchangelog-1.7.xsd">
  <changeSet id="1" author="developer">
    <createTable tableName="Cat">
      <column name="id" type="int">
        <constraints primaryKey="true" nullable="false"/>
      </column>
      <column name="name" type="varchar(255)">
        <constraints nullable="false"/>
      </column>
      <column name="age" type="int" nullable="false" defaultValue="0"/>
      <column name="breed" type="varchar(255)" nullable="false"/>
    </createTable>
  </changeSet>
</databaseChangeLog>
```

Таким чином, використовуючи технологію Liquibase, можна не лише з легкістю переносити зміни в базі даних з одного сервера на інший, а й бути впевненим в тому, що ці зміни будуть однаковими. Крім того, розгорнути з нуля новий сервер буде набагато простіше та швидше, адже вже є описаний скрипт розгортання бази. До того ж, разом із застосуванням даного фреймворку, постійно підтримується однакова версійність коду та бази даних, що дозволить уникнути можливих помилок при спробі працювати з неіснуючою в базі сутністю.

[1] Liquibase | Database Refactoring [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.liquibase.org>

DATABASE STRUCTURES VERSIONING WITH LIQUIBASE

V. Gerasimov, O. Belichenko

*Oles Honchar Dnipro National University
dnepryanin18@gmail.com*

The article provides information about Liquibase — system for versioning database structures. It describes how this instrument could help with such problems as: manual changes to the database; different versions of the database for different members of the development team; inconsistent approaches to making changes (to the database or data). The general structure of how to make a change is also described.

РОЗРОБКА WEB-ДОДАТКУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ КОМПОНЕНТІВ В ХМАРНІЙ СИСТЕМІ ПРОЕКТУВАННЯ ONSHARE

І. Пономарьов, С. Попов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
siedex@outlook.com*

Збільшення продуктивності праці розробників нових виробів, скорочення термінів проектування, підвищення якості розробки проектів – найважливіші проблеми, вирішення яких визначає рівень прискорення науково-технічного прогресу. Системи автоматизованого проектування (САПР) надають можливість вдосконалити методологію проектування складних систем і об'єктів за допомогою новітніх досягнень сучасних наук. Onshape – одна з таких систем. На відміну від більшості конкурентоздатних систем, вона реалізована у вигляді інтернет-сервісу, що надає можливість кінцевим користувачам зекономити на апаратному забезпеченні персональних комп'ютерів. Складні обчислення виконуються на сервері, залишається тільки відобразити результат в браузері.

Кожна сучасна САПР надає можливість стороннім розробникам інтегрувати власні додатки та автоматизувати виконання повсякденних завдань для інженерів. Метою даної роботи є розробка веб-додатку для автоматизації проектування деталі в Onshape.

Розроблений додаток взаємодіє з Onshape за допомогою прикладного програмного інтерфейсу (англ. API), реалізованого в стилі REST, та протоколу HTTP [1]. Тіло запитів та відповідей передається у форматі JSON [2]. Наприклад, запит POST до API “https://oauth.onshape.com/api/documents” з тілом, зображеним на рис.1, створює новий публічний документ з ім'ям “Document1”.

```
{  
  "name": "Document1",  
  "ownerType": "0",  
  "isPublic": "True"  
}
```

Рис. 1. Лістинг тіла запиту

```
{  
  "jsonType": "document",  
  "documentThumbnailElementId": "",  
  "isUpgradedToLatestVersion": true,  
  "betaCapabilityIds": [],  
  "permissionSet": [  
    "COPY",  
    "READ",  
    "RESHARE",  
    "DELETE",  
    "WRITE",  
    "LINK",  
    "EXPORT",  
    "COMMENT",  
    "OWNER"  
  ],  
  "id": "4ecbdba6687a79d6bfff83c74",  
  "name": "Document1"  
}
```

Рис. 2. Лістинг тіла відповіді

У разі успішного проведення операції відповідь містить інформацію про створений документ (рис. 2) або повідомлення про помилку.

Розробник може реалізувати як настільний додаток так і веб-додаток. Створений веб-додаток може бути розміщено на окремому сайті або інтегровано у вкладку на

інтернет-сторінці Onshape [3]. Взаємодію системи зі сторонніми додатками проілюстровано на рис.3.

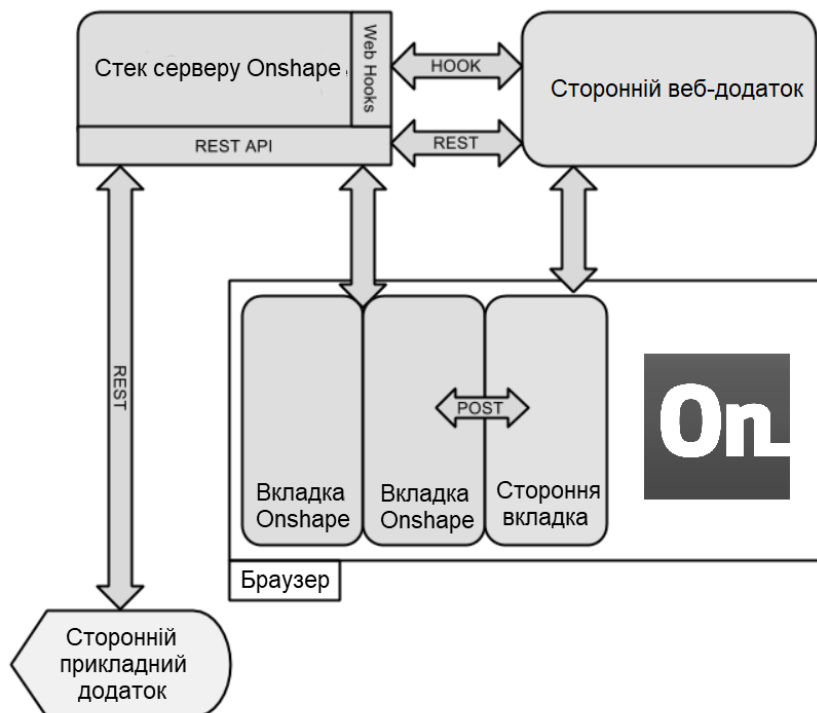


Рис. 3. Взаємодія Onshape зі сторонніми додатками

Необхідно зазначити, що дана архітектура дозволяє розробнику створювати додатки, використовуючи будь-які мови програмування. Так, в даній роботі на основі вище зазначених підходів розроблено веб-додаток C#ASP.NET.

- [1] HTTP Request Methods [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.w3schools.com/tags/ref_httpmethods.asp
- [2] JSON - Introduction [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.w3schools.com/js/js_json_intro.asp
- [3] Getting Started with the Onshape REST API [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dev-portal.onshape.com/help>

DEVELOPMENT OF THE PROGRAM FOR AUTOMATIC CREATION OF COMPONENTS IN CLOUD CAD ONSHAPЕ

I. Ponomarev, S. Popov

*Oles Honchar Dnipro National University
siedex@outlook.com*

The C# ASP.NET web-application is developed to automate component design in cloud CAD Onshape. The application interacts with CAD functionality using REST API through HTTP protocol. Partner applications can be implemented as desktop application or can be integrated into the separate tab of Onshape web-site. Thus, developers can create own applications using any programming language or framework to automate routine tasks for CAD users.

ОГЛЯД МЕТОДОЛОГІЙ SCRUM та DevOPS

А. Білошапка, Н. Матвєєва

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
rooter1771@gmail.com*

В даній роботі розглянуті методології розробки програмного забезпечення SCRUM і DevOps та деякі програмні інструменти останньої.

SCRUM - це підхід управління проектами для гнучкої розробки програмного забезпечення. Scrum чітко робить акцент на якісному контролі процесу розробки. Scrum — це кістяк процесу, який включає набір методів і попередньо визначених ролей. Головні дійові особи — ScrumMaster, власник продукту, та команда, яка включає розробників. Протягом кожного спринту, працівники створюють функціональне зростання програмного забезпечення (рис. 1).

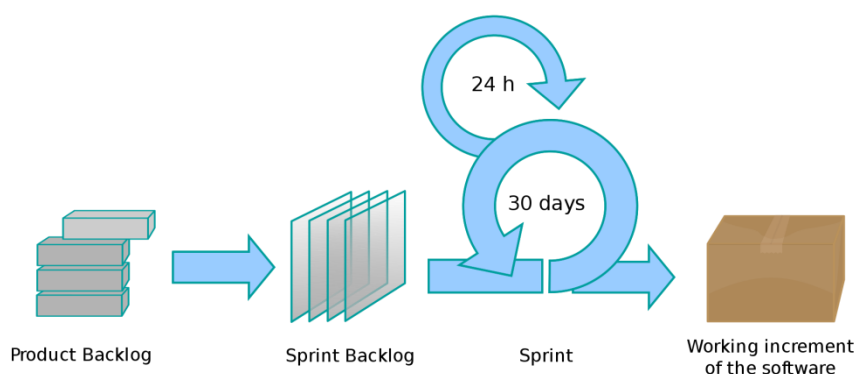


Рис. 1. SCRUM процеси

DevOps (акронім від англ. development і operations) — низка практик, призначених для поєднання взаємодії розробників із фахівцями інформаційно-технологічного обслуговування та зближення їхніх робочих процесів одне з одним. Ґрунтується на думці про тісну взаємозалежність між розробкою та використанням програмного забезпечення і має на меті допомогти організаціям швидше створювати і оновлювати програмні продукти та послуги (рис. 2).



Рис. 2. Напрямки, з якими працює методологія DevOps

Завдання DevOps полягає в узгодженні розробки й постачання програмного забезпечення із його використанням. Це завдання часто вирішується за допомогою автоматичних засобів. Прикладом таких засобів можуть бути такі програмні інструменти як JetBrains TeamCity, Jenkins та інші.

Програмне забезпечення JetBrains TeamCity являє собою інтегроване середовище колективної розробки і систему управління процесом створення програмного забезпечення. Рішення автоматизує і координує основні процеси спільної розробки, включаючи запуск тестів, аналіз вихідного коду, інтеграцію і надбудову кодових змін, заданих командою розробників, управління збірками. TeamCity прискорює процес розробки програмного забезпечення і гарантує ефективну взаємодію між членами команди.

Продукт TeamCity забезпечує інтеграцію і контроль модифікацій коду в процесі спільної роботи і автоматизує процес запуску тестів. Рішення контролює комплексну роботу тестів і виправлення помилок і здійснює генерацію оповіщень. Завдяки потужній функціональності TeamCity дозволяє ефективно управляти розробкою і надає можливість використання всіх можливих типів конфігурації для будь-яких проектів.

- [1] СКРАМ — ЭТО ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://brainrain.com.ua/скрам-это/>.
- [2] Wikipedia: DevOps [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/DevOps>
- [3] TeamCity Documentation - Help | TeamCity [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.jetbrains.com/help/teamcity/teamcity-documentation.html>

SCRUM and DevOps OVERVIEW

A. Biloshapka, N. Matveeva

*Oles Honchar Dnipro National University
rooter1771@gmail.com*

This report give you short overview of software development methodologies called SCRUM and DevOps and some software tools what use the last one.

Scrum is an agile process framework for managing complex knowledge work, with an initial emphasis on software development, although it has been used in other fields and is slowly starting to be explored for other complex work, research and advanced technologies. It is designed for teams of ten or fewer members, who break their work into goals that can be completed within timeboxed iterations, called sprints

DevOps is a set of practices that combines software development (Dev) and information-technology operations (Ops) which aims to shorten the systems development life cycle and provide continuous delivery with high software quality.

The main goal of DevOps is coordinating the development and delivery software processes with its exploitation. This tasks is often decided using automation tools. Examples of such tools are software tools as JetBrain TeamCity, Jenkins and etc.

JetBrains TeamCity is an integrated collaborative development environment and management system for software development and deployment. This solution automates and coordinates main cooperative development processes, including tests running, source code analysis, integration of add-on code provided by development team, and build management. TeamCity accelerates the software development processes and warrants effective cooperation in team.

РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

К. Ефіменко, В. Хандецький

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
katyal15122 @gmail.com*

Система була розроблена для забезпечення кращого рівня безпеки виробничого приміщення. Вона побудована з використанням мікроконтролерів ESP8266. Система реалізує процедури управління магнітним замком і кнопкою керування, зчитування даних з RFID-інтерфейсу, реалізацію і організацію взаємодії різнорівневих серверів.

На мікроконтролері, що з'єднаний з реле, реалізовано полегшений сервер. Він приймає і обробляє запити, які надходять від інших елементів системи. Внаслідок порівняно невеликої обчислювальної потужності мікроконтролер можна довести до стану відмови, відправивши на нього значну кількість запитів. Для підвищення рівня захисту в системі реалізовано повноцінний веб - сервер на базі фреймворку Django. Всі запити до мікроконтролеру спочатку надходять на повноцінний сервер, який здійснює контроль запитів і перешкоджає перенавантаженню полегшеного сервера.

Програмування здійснювалося на мові Python з наступним використанням інтерпретатору MicroPython 1.10. Завантаження програми MicroPython в мікроконтролер ESP8266 виконувалась за допомогою Esptool – вільного програмного забезпечення з ліцензією GPLv2. Це утиліта з відкритим вихідним кодом є незалежною від платформи і використовується для завантажування прошивки в форматі .bin в чіпи Espressif ESP8266 та ESP32. Для мікроконтролеру в прошивці надано REPL (Read Evaluate Print Loop) – аналог командного рядка інтерпретатора класичного Python. Використання REPL є найпростішим способом перевірити код та запустити команди.

Для пересилання файлів з кодом до мікроконтролеру використовувалась Adafruit MicroPython Tool (Ampy) – утиліта, що є інструментом командного рядка. Вона здійснювала взаємодію з платою MicroPython через послідовне з'єднання. За допомогою Ampy можна обмінюватись файлами між комп'ютером і файловою системою плати, надсилати скрипти Python до плати для їх виконання. Надсилати можна цілі теки, але такі файли як «main.py» і «boot.py», які знаходяться в корені проекту, необхідно завантажувати окремо.

При запуску програми інтерпретатор Python трансліює кожен вихідну інструкцію в групи інструкцій байт-коду. Така трансляція проводиться для підвищення швидкості – байт-код виконується набагато швидше, ніж вихідні інструкції в текстовому файлі. Після того, як пройде процес компіляції, байт-код передається віртуальній машині для виконання.

Для працездатності веб-серверу мікроконтролер підключено до мережі WiFi. Використовуються два інтерфейси WiFi, один для станції (коли ESP8266 підключається до маршрутизатору) і один для точки доступу (надає можливість іншим пристроям підключатись до ESP8266).

Після встановлення зв'язку з WiFi доступ до мережі здійснюється за допомогою сокетів. Сокет являє собою кінцеву точку на мережевому пристрої. Для контролерів, які будуть обробляти запити, створюється декоратор «view». В якості аргументів він приймає метод запиту та його URL-адресу, завдяки чому відповідна функція буде додана до словника контролерів. Також за допомогою декоратору реалізовано функцію, яка перевіряє роботу контролеру на можливі помилки та коректно обробляє їх.

Метод «post» обробляє POST-запит від клієнта, який поступає на повноцінний сервер. Він, в свою чергу, надсилає запит для розмикання реле на полегшений сервер мікроконтролеру.

У файлі «urls.py» знаходиться шаблон URL-адрес. Необхідно імпортувати функцію «path» з модуля «django.urls», яка надає простіший, більш читабельний синтаксис маршрутизації URL-адрес. Клас «TemplateView» використовується для створення шаблону переглядів в Django. Клас «OpenDoorView» містить в собі контролери для обробки запитів.

Змінна «urlpatterns» є ключовим ім'ям фреймворку Django. Ця змінна обов'язково має бути описана в файлі urls.py, адже в ній зберігається список шляхів (path). Шлях «open/» в першому елементі списку вказує на API, який відправляє запити на полегшений сервер. У файлі «boot.py» описаний функціонал кнопки, яка надсилає запит до веб-серверу. Модуль «socket» створено для роботи з сокетом; «sys» забезпечує доступ до деяких змінних і функцій, які взаємодіють з інтерпретатором Python; «time» необхідний для коректної роботи з часом. Модуль «machine» використовується для роботи з контактами. Модуль «network» надає методи для контролю мережі. Константа «TIMEOUT» задає значення часу, за який мікроконтролер має підключитись до WiFi, після закінчення цього часу, настає режим «Deep Sleep» для економії енергії.

Створено екземпляр об'єкту інтерфейсу «STA_IF» для роботи з точкою доступу. Метод «connect» дозволяє підключитися до WiFi за вказаними в аргументах даними. Далі створюється змінна зі значенням поточного часу, яка використовується в циклі для визначення тайм-ауту підключення. Якщо зв'язок встановлений, URL-адреса розділяється на частини «http://host/path» для виправки запиту.

У файлі «main.py» описаний функціонал модуля. Для цього імпортуються необхідні бібліотеки: «gc» – збирач змiття; «socket» – для роботи з сокетом; «time» – для роботи з часом; «ubinaascii» – для перетворення між двійковими та різними ASCII-кодованими двійковими представленнями; «machine» – для роботи з контактами.

Необхідно імпортувати дані конфігурацій з файлу «data/conf.py», в якому знаходяться константи для налаштування підключення до WiFi, URL-адреса, на яку будуть відправлятися запити, а також файл, в який будуть записані ідентифікатори карт користувачів. З файлу «utils/mfrc522» імпортується клас «MFRC522», що містить в собі відкриту бібліотеку для роботи з чіпом «MFRS522», який є контролером RFID-модуля.

Створюється клас «CardsStorage» для зберігання ідентифікаторів карт в оперативній пам'яті пристрою. В конструкторі класу описаний список ідентифікаторів карт. Метод «save» призначений для збереження ідентифікаторів в файл для того, щоб у випадку перезавантаження дані не були втрачені. Створюється сокет і за допомогою блоку try-ехсепт проводиться спроба підключення і відправки POST-запиту. Після відправки запиту сокет закривається. Функція «wait_and_add_card» використовується для додавання нової карти. Вона викликається лише в разі взаємодії зі зчитувачем карти адміністратора. В змінну «card» записуються дані карт, які зчитуються. При успішному зчитуванні карти її ідентифікатор заноситься до сховища, у протилежному випадку метод повертає значення «False».

Створюється екземпляр класу «CardsStorage2» і запускається метод «load», який завантажує ідентифікатор карти з файлу. Ініціалізується контролер RFID-модуля «reader», аргументами якого є номери контактів. Якщо ідентифікатор карти присутній в сховищі, то надсилається запит на відчинення дверей. Якщо дані, зчитані з мітки, співпадають з кодом адміністратора, то запускається процес додавання нового ідентифікатора карти.

Розроблена система успішно пройшла випробування і знаходиться в експлуатації.

HARDWARE AND SOFTWARE DESIGN OF SECURITY SYSTEM FOR INDUSTRIAL OFFICES

K. Efimenko, V. Khandetskyi

*Oles Honchar Dnipro National University
katyal15122@gmail.com*

The designed security system for industrial offices is based on the use of microcontrollers ESP8266. It implements procedures for managing the magnetic lock and the control button, reading card data from the REID interface, and exchanging information between multilevel servers. The software we wrote on Python, it involves the use of appropriate libraries and MicroPython interpreter.

ФРЕЙМВОРК ANGULAR ДЛЯ СТВОРЕННЯ WEB-ДОДАТКІВ

А. Шиліна, С. Веріго

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
anastasia.shilina@i.ua*

Завдання швидко створити якісний веб-додаток є досить трудомісткою і непростою справою.

Для того, щоб налагодити взаємодію між співробітниками і партнерами, підтримувати постійний контакт з клієнтами, організація повинна напрацювати досвід. Платформа Angular створена для професіоналів і розуміє ці проблеми.



Рис.1. Офіційний логотип фреймворку Angular.

Angular - це Open Source фреймворк, який дозволяє створювати популярні сьогодні односторінкові додатки. Фреймворк - це програмне забезпечення для розробки, що полегшує і прискорює створення і комбінування різних елементів серйозного (за розмірами) програмного проекту.

Легкий, швидкий і доступний front-end фреймворк Angular завоював повагу у величезної кількості розробників. Він дає можливість будувати інтерактивні і динамічні веб-додатки, для яких потрібно набагато менше зусиль і коду.

Команда Angular прагне стабільного і планомірного розвитку і дотримується концепції публічного анонсування розкладу релізів, що дозволяє компаніям робити висновки і складати плани на майбутнє з приводу змін в платформі.

Angular є структурною основою для динамічних веб-додатків, яка дозволяє використовувати HTML в якості мови шаблону, а потім розширити синтаксис HTML для

вираження компонентів програми. За допомогою прив'язки даних і впровадження залежностей можна виключити більшу частину коду, який довелося б писати.

Також варто відзначити, що Angular пропонує рендеринг на стороні сервера, який прискорює завантаження початкової сторінки і, отже, покращує SEO, спрощуючи сканування динамічних сторінок. Швидке відображення сторінок значно покращує сприйняття веб-додатків для наступного покоління, написаних в рамках angular. Також, за допомогою даного фреймворка можна:

- легко тестувати код;
- легко створювати персоналізовані об'єктні моделі документа (Document Object Model, DOM);
- моделювати дані обмежено для використання невеликих моделей даних, що робить код простим і легким для тестування.

У Angular застосовується двостороннє зв'язування: будь-які зміни в інтерфейсі відразу ж відбиваються на об'єктах додатки і навпаки. Фреймворк сам стежить за подіями браузера, змінами моделі і діями користувача на сторінці, щоб відразу оновлювати потрібні шаблони. При цьому в коді JavaScript не потрібно зберігати посилання на DOM-елементи і явно ними маніпулювати. Необхідно просто описати необхідний результат в термінах стану моделі, і не потрібно використовувати низькорівневі конструкції.

Головні переваги Angular:

- Наявність різноманітних функцій, наприклад, RXJS, блискавична компіляція (менше 2,9 секунд), змінений пуск HttpClient.
- Завдяки гнучкості технології всю необхідну інформацію можна легко одержати не задіюючи при цьому третіх осіб.
- Двостороння прив'язка інформації, що максимально забезпечує безпеку для додатків, автоматично зводить до мінімуму ризики виникнення потенційних помилок.
- MVVM - модуль, який дає можливість окремо оперувати в одному розділі програми, використовуючи той же набір даних.
- Взаємозалежність функцій, оскільки вони мають пов'язаності з компонентами і модулями.

У зв'язку з тим, що Angular - це продукт Google, він використовує всі переваги його інфраструктури тестування. Кожна зміна в Angular перевіряється на відповідність з кожним проектом Angular в межах Google. Це означає, що ще до будь-якого публічного релізу фреймворк вже використовують сотні проектів, а такий підхід збільшує шанси на відсутність непередбачених критичних змін або регресій.

У Angular величезне ком'юніті. У нього входять як учасники постійної команди розробки, так і просто ті, хто хочуть внести свою лепту в розвиток фреймворку з відкритим вихідним кодом. За Angular проходить безліч конференцій, про нього говорять на Хакатони і сперечаються в тематичних IT-ком'юніті. Існує багато книг і онлайн ресурсів по Angular для розробників.

ANGULAR FRAMEWORK FOR CREATION WEB APPLICATIONS

A. Shylina, S. Veriho

*Oles Honchar Dnipro National University
anastasia.shilina@i.ua*

An overview of the Angular framework for efficiently developing JavaScript-based web applications. An overview of the main advantages, capabilities and properties of the framework, notes on use in work. Among the main advantages are the presence of various functions, two-way binding, fast compilation, a large community.

STRUCTURE OF FRAME-BASED MODEL CODE GENERATOR

O. Lytvynov, P. Davydov

*Oles Honchar Dnipro National University
lishu.dnepr.ua@gmail.com, davydov_p@ukr.net*

Nowadays, developers face the tasks of building in short terms a flexible and maintainable multilayered system. One of the methods used to overcome the development complexity is to implement reuse practice through all the phases of product life cycle, including design and management aspects [1]. Making the solutions standardized leads the organization to the condition when an incoming task or a problem triggers retrieving a set of typical solutions from the terminological knowledge base. One of the issues is the dependency of the solution on a variety of details linked with a programming language and/or a framework, third-party components and services. This dependency blocks the port of the solution to another platform or language, makes the solution difficult to understand, even when the code is well structured and documented. To resolve such problems the solution can be represented as a set of models going down from more abstract business-oriented models towards more detailed and platform-specific ones which can be then transformed into software components.

According to MDA [2] there are four levels of system description: computation independent model (CIM), also known as domain model, used to define business processes of the organization for which the information system (IS) will be developed; platform independent model (PIM) defines the system architecture and specification can be implemented in various platforms; platform specific model (PSM) offers detailed technical specification of the system and can be transformed to implementation model (code) according to transformation rules automatically or semi-automatically; implementation model (IM) – a set of artifacts represented using programming languages define the information needed to create IS. To model software in such a way seems too expensive and transformation of PSM models into realization artifacts (i.e. code, SQL scripts etc.), as usual, cannot provide satisfactory results.

Works [3, 4] devoted to tackle the complexity of systems modeling and completion of transformation. Betting on frame-oriented paradigm [4] instead of object-oriented one can break the limits of model representation and provide a potential of more detailed system description, which can be then interpreted as a transformation into real components for different layers and platforms. The expressiveness of the language is based on detection and usage of the descriptive power of facets used by the both frame and slot structures. Now, the question we face is how to build a generator enough flexible and adoptable for adding new layers(architectures) and platforms, opened for changes. Thus, this work is devoted to resolve the problem.

The openness of the modeling language can be achieved by using tools like ANTLR [5]. It allows to parse the description and to transform it to the Core Frame Model using custom grammar. Core model describes the system using Frame, Slot, Facet structures. It can be thought as an analogue of CIM model described in a text form.

Then, Core Model can be automatically interpreted by the set of layer-oriented Resolvers into platform independent form. For example, Domain, Data Access, Relational Database and Service layers are not depended on a platform (i.e. technology, language). It is made to avoid the repetition and structuring solution.

Next step is transformation of PIM model into PSM form and then into a set of artifacts such as classes, scripts etc. This transformation based on a set of templates open for modification and an infrastructure prepared to make the solution more effective. For example, when we create a simple Repository for an entity it relies on a base repository that is already built. Otherwise, it would be ineffectively. Thus, the role of model and generator shifts to the

role of assistant able to automate routine and repetitive tasks using a strong foundation already implemented within the platform. By the way, such foundation can be similar to different platforms (e.g. C#, Java).

Platform specific level of Generator seems to be the most flexible and modifiable part. Adding new platforms should be as easy as it is possible. Today it comes down to adding a set of scripts define the transformations and building a component able to perform the transformations which realizes Transformer interface. Then the transformer can be added to appropriate PIM Resolver and that is all.

We can use a script with an architecture description to configure Generator. Then we can pass the name of the folder contained frame language scripts (described the model) as an argument to Generator application, and it will transform the scripts to artifacts according to selected configuration. A flowchart with main components is shown on figure 1.

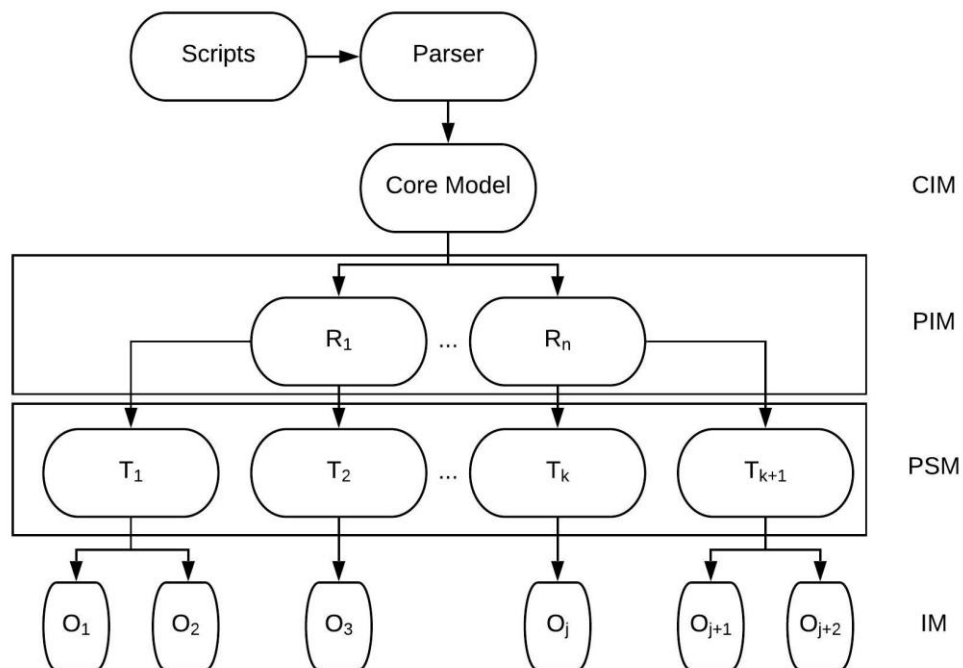


Fig. 1. Data flow through modules of generator.

Thus, the provided structure is rather modular and flexible and can be used for adoption of the Generator for user needs. The main challenge for generator with structure like this seems to be the discovering and implementation of pluggable PIM Resolvers directed to reuse the common logic as much as possible. Another important point is creating an infrastructure to get transformed software components not only functionally complete, but also effective and maintainable.

- [1] Mary Beth Chrissis. CMMI® for Development Guidelines for Process Integration and Product Improvement, Addison-Wesley Professional; 3 edition (March 20, 2011). – 688 p.
- [2] J. Miller and Mukerji.J., "MDA Guide Version 1.0.1.," OMG, 2003.
- [3] Литвинов О.А., Грузін Д.Л. Особливості автоматизації процесу розробки функціональних компонентів інформаційної системи. // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1(96). – Дніпропетровськ, 2015. – С. – 78-86.
- [4] Litvinov A.A. On a frame-based language used for software modelling. // System technologies. – N.1(108). – Dnepropetrovsk, 2017. – 55-63
- [5] ANTLR (ANother Tool for Language Recognition) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.antlr.org/>.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ IEEE 802.11 У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРІ ЕЛЕКТРОННОГО УРЯДУВАННЯ м. ДНІПРА

В. Бондаренко, М. Горобець

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
bondarenkoval@ukr.net, max123pal123com@gmail.com*

За Розпорядженням голови обласної державної адміністрації від 05.08.2019 № Р-440/0/3-19 "Про погодження проекту регіональної програми інформатизації "Електронна Дніпропетровщина" на 2020 – 2022 роки" погоджено проект Програми та направлено на розгляд сесії Дніпропетровської обласної ради[1]. Як одне з пріоритетних завдань Програма визначає розвиток телекомунікаційного середовища регіону й зокрема передбачає такі заходи з виконання завдання: розвиток та поширення широкосмугової мультисервісної телекомунікаційної інфраструктури на всій території області; поширення технології бездротової мережі у роботі місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування. Очікувані результати виконання цих заходів: забезпечення отримання громадянами якісного доступу до сучасних електронних сервісів та послуг по всій території області; створення умов для вільного доступу до мережі Інтернет населення області; упровадження бездротової мережі Wi-Fi, Wi-Max; щорічне впровадження не менше 20 зон доступу(Hotspot) до бездротової мережі Wi-Fi.

Але очікувані результати виконання заходів Програми щодо темпів впровадження Hotspot Wi-Fi слід визнати явно недостатніми. Так, у міській мережі міста Харків "Wi-Fi «SmartCityKharkiv»" офіційно вже функціонують 447 зон вільного доступу, реально – близько п'ятисот. 12 вересня 2017 року Європарламент прийняв програму "wifi4eu", за якою Європейський Союз виділяє 120 млн євро на створення глобалізованої мережі безоплатних точок Wi-Fi на усій своїй території. За програмою "wifi4eu" термінали безпроводового Інтернету мають з'явитися у 6 – 8 тисячах європейських населених пунктів – у парках, лікарнях, музеях, школах тощо, а також у громадському транспорті. Беручи до уваги співвідношення чисельності наявного населення(за оцінкою на 1 січня 2018 року; осіб) міст Дніпро (1 002 944), Харків (1 450 082) та площі міст Дніпро (415 кв.км), Харків (350 кв.км), орієнтовну прогнозовану перспективну кількість Hotspot Wi-Fi у м. Дніпро належить прийняти 500, аби насправді забезпечити отримання громадянами якісного доступу до сучасних електронних сервісів та послуг, зокрема таких як Регіональний офіс електронних послуг – система веб-порталів: внутрішніх(для працівників органів влади, тобто ЦНАП та суб'єктів надання адміністративних послуг) та зовнішнього(для заявників – **e-services.dp.gov.ua**): – опис бізнес-процесів надання послуг, автоматизоване формування шаблонів документів, формування повідомлень заявникам щодо стану виконання справи, консультування, формування журналів реєстрації справ; – наявність підсистеми контролю, звітності, аналітики, формування звітності тощо та Контакт-центр ОДА – реалізує електронні Звернення громадян за порталами: **e-contact.dp.gov.ua**, **e-petition.dp.gov.ua**.

Найбільш доречним сучасним архітектурним рішенням Wi-Fi м.Дніпра є Mesh-мережа [2] – новий перспективний клас широкосмугових безпроводових мереж передавання мультимедійної інформації, що широко застосовується за побудови розподілених міських безпроводових мереж(альтернатива Wi-Max). Провідним принципом побудови Mesh-мереж є самоорганізація архітектури, що надає можливість реалізації повнозв'язної топології (Mesh peer-to-peer); сталість за відмови окремих

компонентів; масштабованість – збільшення зони покриття у режимі самоорганізації; динамічну маршрутизацію трафіку, контроль стану мережі тощо. Серед кейсів рішень Wi-Fi(апаратних та програмових) для Mesh-мереж трьох провідних вендорів: Cisco, Aruba, HP безумовну перевагу слід надати Cisco Wireless Mesh.

Основні компоненти цього рішення:

– Cisco Aironet 1500 – дводіапазонна Wi-Fi точка доступу, що підтримує стандарти IEEE 802.11a/b/g, функціонує за протоколом Adaptive Wireless Path Protocol, який дозволяє організовувати динамічні канали передавання даних між точками доступу, а також здійснювати автоматичне самоналаштування за зміни топології мережі. Окрім того, Cisco Aironet 1500 підтримує усі сучасні протоколи безпеки, включно Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), а також апаратне прискорення шифрування Advanced Encryption Standard (AES).

– Cisco Wireless Control System – система керування безпроводною мережею, яка дозволяє планувати, налагоджувати та здійснювати моніторинг усієї мережі з єдиного центру, що суттєво знижує видатки на її адміністрування. Має вбудовану систему захисту від вторгнень та засоби відстежування й візуалізації місцезнаходження об'єктів у реальному часі.

– Cisco Wireless LAN Controller – контролер безпроводового доступу – ключовий пристрій у інноваційній архітектурі великих масштабованих безпроводових мереж. Функціонують за протоколом Lightweight Access Point Protocol (LWAPP), відтворюють більшість функцій, притаманних точкам доступу попереднього покоління: налагоджування точок доступу, керування радіопокриттям мережі, здійснення безшовного роумінгу на другому та третьому рівнях, реалізація політик безпеки.

Визначальні переваги рішень Cisco Wireless Mesh: єдина безпроводова архітектура, інтелектуальна безпроводова маршрутизація, інтегрована підтримка стандартів 802.11a/b/g, відсутність потреби в налагоджуванні, підтримка стандарту безпеки 802.11i.

- [1] Регіональна програма інформатизації „Електронна Дніпропетровщина” на 2020 – 2022 роки/Затверджена Рішенням Дніпропетровської обласної ради №489-17/VII від 16.08.2019р.
- [2] IEEE 802.11s-2011. IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. Amendment 10: Mesh Networking/ STANDARD by IEEE, 09/10/2011

APPLICATION OF IEEE 802.11 TECHNOLOGIES IN TELECOMMUNICATION IT-INFRASTRUCTURE OF ELECTRONIC GOVERNANCE OF THE DNIPRO CITY

V. Bondaryenko, M. Gorobets

Oles Honchar Dnipro National University

bondarenkoval@ukr.net, max123pal123com@gmail.com

For the city of Dnipro describes protocols for IEEE 802.11s stations to form self-
onfigu-ring multi-hop networks that support both broadcast/multicast and unicast data delivery.

ON APPLYING DOMAIN-DRIVEN DESIGN PRONCIPLES IN PRACTICE

O. Lytvynov, V. Stupaiev

Oles Honchar Dnipro National University

lishu.dnepr.ua@gmail.com, stupaev.vlad@gmail.com

Over time, as it was predicted by Dijkstra, the software becomes more and more complex and sophisticated. But even the complex information system can only be regarded as an infrastructure of business which dictates its wishes and terms to IT companies, developers and applications. According to Microsoft infrastructure optimization model [1] software ceases to be a cost center and turns into business enabler, among other things, when all business processes are covered by the system. Business complexity and dynamics force developers and scientists to search for a new paradigm able to tackle the complexity and agility of the domain. In the new millennium several approaches have been provided: DDD [2], TDD [3], BDD [4], use-case driven development, SOLID principles. But reality requires an integration of different methods and principles from software architects and developers to construct and maintain the systems more effectively. The work is devoted to analysis of what are the most important principles made a strong foundation for business-oriented software development.

Agility of the business causes developers to build software as flexible as it possible. Betting of gluing the systems from existed components and services most of the developers agreed with SOLID and TDD principles. But it does not resolve the problem of flexibility and adoptability of the system for business needs. Anticipating the impact of functional requirements changes developers face to model the software(infrastructure) as closer to the domain(business) as it possible. Building the software as a kind of simulator of the business processes allows to change the software in the same way as the business processes are change. It would bring to software necessary flexibility and robustness, make it more maintainable. The question is how to build the model reflected the business which can be thought as a number of business processes as closer as it is possible?

To create such applications, only understanding of current client needs seems not a sufficient condition. Developers attention should be focused on the domain, which is the subject area to which the application is intended to be applied. The goal is not only to write a code or even create software, but also to solve the objective problems, predicting and anticipating the risks.

The first approach focused on domain modeling is DDD (published in 2004 by Eric Evans) [1]. It provides a set of principles, rules and patterns aimed at creating optimal systems of objects that allow developers to solve complex business-level design tasks. It announces that the center point is a domain that must be thoroughly examined, and then the result of such a study is a business layer divided into two main parts: application layer (a thin level of services responsible for managing user actions using domain objects) and domain layer (responsible for presenting business concepts, business situation information, and business rules). In his book, he defines several general terms that are used to describe and discuss DDD practices.

The central pattern of DDD is Bounded Context which is focused on strategic decomposition dealing with large models and teams. According to this pattern large models should be divided into different Bounded Contexts with explicit interrelationships. This keeps the knowledge inside the boundary consistent whilst ignoring the noise from the outside world. It helps to model the aspects of the problem (within the context) without having to be concerned

with other parts of the business. Secondly, the terminology within the Bounded Context can have clear definition that accurately describe the problem whilst different departments across a company usually have slightly different ideas and definitions of similar terms. For example, for a standard sales company its domain could be divided into Sales, Support and Delivery contexts. Of course, the various Bounded Contexts of an application will need to communicate or share data between each other. That problem resolved using Context Map which defines how the Contexts should communicate amongst each other and how data should be shared (i.e. when a business process functions on different Contexts, Context Map is used to coordinate their interaction). There are different patterns used to realize such interactions: shared kernel, upstream-downstream, conformist, anticorruption layer etc. Evans has also introduced several conceptions widely used by software programmers such as: ubiquitous language; identity map, value object, repository, aggregate, event sourcing, specification and other patterns. The scopes of DDD was defined by Eric Evans as follows. DDD is best applicable when there is a lot of business domain complexity and DDD is not suitable for problems with substantial technical complexity without business domain complexity. Thus, the main disadvantage of this approach is a complexity in domain analysis required a lot of time sent by an experienced architects and business analysts.

Anyway, the most important and most valuable is that the principle provided aimed to build the model of the business as closer as it is possible. Does the model created according with the principles of DDD satisfy the model of business processes-oriented business? When we talk about business processes, we also talk about business functions and events, business objects and goals, outcomes and resources. Do all those abstractions can be represented using DDD? It seems, does not. Inspired by DDD, several modifications have appeared. Among them the most notable is Clean architecture provided in 2012 by Robert C. Martin. Provided Clean Architecture reduces the complexity of Evans's DDD, allowing to make the solution more understandable and maintainable. In the other hand, service-oriented architecture (SOA) based on the same principles as domain-driven approaches but used for enterprise integration systems development. Structurally, the services divided into three basic layers (instead of two basic layers used in domain-driven approaches): workflow services (equivalence of business process), task (equivalent to business task) and entity (equivalent to business object) services. And this model can be regarded more closer to the models used by the business analysts to describe the business processes.

Summing up, we can assume that above approaches (DDD, Clean Architecture and SOA) have more similarities than the differences. We can say that they pursued the same goal. Thus, making a practical solution, we can take principle of structuring the layers from SOA, ports and adapters and other best practices from Clean Architecture, and add some patterns from DDD (including Bounded Contexts and Context Map).

- [1] What is Infrastructure Optimization and Why do I Care <http://download.microsoft.com/download/c/a/3/ca35ac61-bfea-4ce1-a9c1-33e2a931cda8/WhatisInfrastructureOptimizationandWhydoICare.ppt>
- [2] Eric Evans. "Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software". 2003. ISBN-13: 978-0321125217.
- [3] Kent Beck. "Extreme programming explained: embrace change". 1999. ISBN:0-201-61641-6
- [4] Introducing to BDD <https://dannorth.net/introducing-bdd/>
- [5] Robert C. Martin. "Clean Architecture. A Craftsman's Guide to Software Structure and Design". 2018. ISBN- 13: 978-0134494166.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОБУДОВИ СТІЙКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В. Стариченко, Н. Матвєєва

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mr.bloodvlad@gmail.com*

У роботі представлена інтерпретація модельно-орієнтованого підходу, який спрощує створення і супровід стійких інформаційних систем, Основою є модель, котра описується з використанням фреймового підходу представлення знань.

На базі описаної моделі здійснюється генерація ряду компонентів, що істотно спрощує процес розробки багаторівневих додатків, а також проводиться інтерпретація моделі в ході роботи системи, що виключає необхідність побудови та тестування додаткових класів [1].

Опис системи проводиться на рівнях CIM і PIM, з подальшою генерацією/інтерпретацією класів рівня PSM. В якості моделі CIM нами запропоновано використовувати фреймовий опис знань щодо розв'язуваної задачі із зазначенням ресурсів, необхідних для її вирішення без вказівки специфіки (збірок, запитів, винятків). Так, на базі моделі PIM проводиться генерація об'єктів, пов'язаних з архітектурою додатку. Не тільки стандартних SQL і доменних класів, а й ряду допоміжних, продиктованих архітектурою, ресурсів, пов'язаних з призначенням для користувача інтерфейсом, доступ до даних, інтерфейсно-орієнтованим програмуванням.

На підставі метаінформації, представленої у вигляді «фрейм - слот - грань» проводиться динамічне створення класів, що відповідають за бізнес логіку (Рис. 1). За генерацію PSM з PIM відповідає XCore, а за інтерпретацію - Generator. XCore генерує програмний код з скриптів домену, а проект Generator - інтерпретує документи з скриптів документів [2].

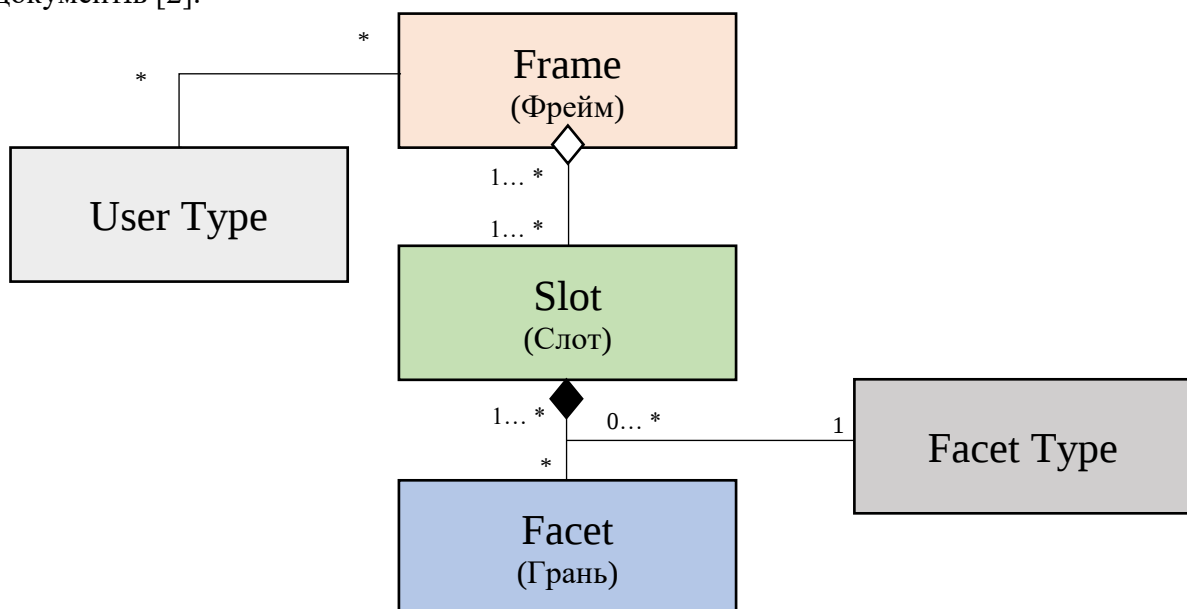


Рис. 1. «Фрейм - слот - грань»

Проект XCore відповідає за інтерпретацію програмного коду в представленій нами моделі та генерує: Labels, SQL, NHibernate, Domain та Unit tests (Рис. 2). В результаті роботи програми отримуємо структуру папок та файлів.

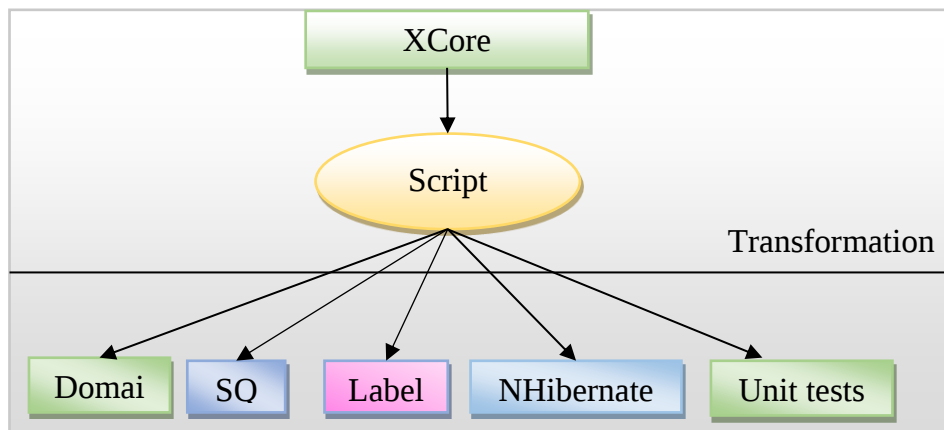


Рис. 2. Інтерпретація проекту XCore

Для зручності і наочності демонстрації роботи проекту XCore був створений примітивний WPF додаток (Рис.3). Даний додаток представляє собою вікно WPF, яке містить дві кнопки для відкриття файлу та для вибору шляху збереження результатів. Також вікно має текстовий редактор для редагування скрипту (рис. 3).

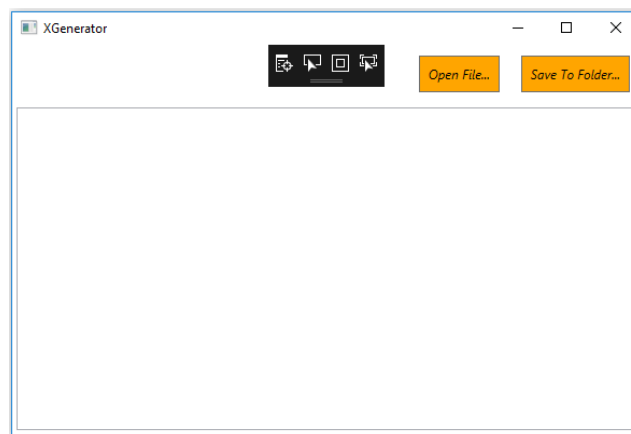


Рис. 3. Зовнішній вигляд WPF додатку

- [1] Литвинов А.А., Карпенко Н.В. Тестирование информационных систем: модульное, интеграционное, системное: учеб. пособие. / А.А. Литвинов, Н.В. Карпенко – Д.: Лира, 2016. – 283 с.
- [2] Carr J. Lectures on computer programming, 1958. Перевод: Дж. Карр. Лекции по программированию. Под ред. Курочкина В.М. / J.Carr. – Изд. иностранной литературы. – 1963. – 288 с.

STUDIES OF THE EFFECTIVENESS OF BUILDING SUSTAINABLE INFORMATION SYSTEMS

V. Starychenko, N. Matveeva

*Oles Honchar Dnipro National University
mr.bloodvlad@gmail.com*

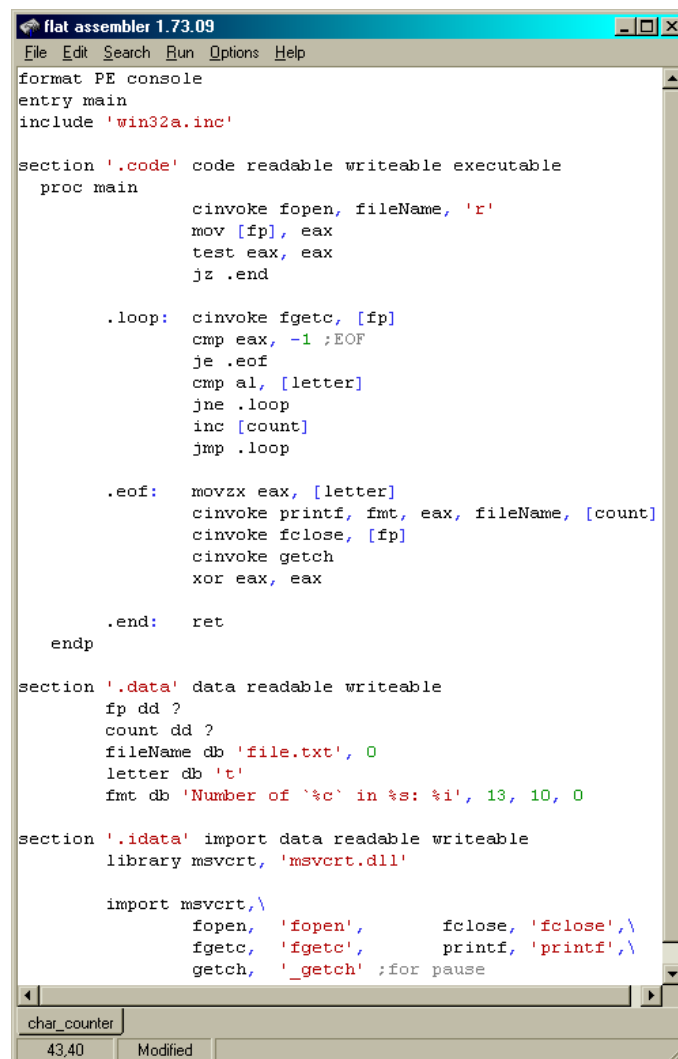
The article discusses the interpretation of a model-oriented approach, which simplifies the creation and maintenance of a stable information system, the basis of which is a model described using the frame approach of knowledge representation. The results are obtained using the C# .NET framework.

АСЕМБЛЕР-ДОДАТКИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ З ТЕКСТОВИМИ ФАЙЛАМИ ТА ЗОБРАЖЕННЯМИ В СЕРЕДОВИЩІ FASM

О. Морозов, Д. Іващев

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
morozovs@ua.fm

Якщо в розрахунках треба виконувати велику кількість вкладених циклів, то на тому же апаратному забезпеченні можливо суттєво скоротити час виконання прикладної програми, якщо реалізувати її на мові асемблера.



```
flat assembler 1.73.09
File Edit Search Run Options Help
format PE console
entry main
include 'win32a.inc'

section '.code' code readable writeable executable
proc main
    cinvoke fopen, fileName, 'r'
    mov [fp], eax
    test eax, eax
    jz .end

    .loop: cinvoke fgetc, [fp]
           cmp eax, -1 ; EOF
           je .eof
           cmp al, [letter]
           jne .loop
           inc [count]
           jmp .loop

    .eof: movzx eax, [letter]
           cinvoke printf, fmt, eax, fileName, [count]
           cinvoke fclose, [fp]
           cinvoke getch
           xor eax, eax

    .end: ret
endp

section '.data' data readable writeable
fp dd ?
count dd ?
fileName db 'file.txt', 0
letter db 't'
fmt db 'Number of `%c` in %s: %i', 13, 10, 0

section '.idata' import data readable writeable
library msvcrt, 'msvcrt.dll'

import msvcrt, \
    fopen, 'fopen',      fclose, 'fclose', \
    fgetc, 'fgetc',      printf, 'printf', \
    getch, '_getch' ; for pause

char_counter
43,40 Modified
```

Рис. 1. Приклад консольного додатку, що імпортує функції з Microsoft C Runtime DLL

Вихідні дані для прикладної обробки частіше всього знаходяться в текстових файлах або у зображеннях, тому у сучасних мовах програмування значна увага приділяється доступу до зовнішніх даних. В переважній більшості сучасних операційних систем (ОС) ці функції вже реалізовані для внутрішнього використання. Залишається тільки навчитися використовувати ці функції для прикладних додатків.

Не має необхідності реалізовувати ці функції вручну, тому що: по-перше, додаток може використовувати функції на той же мові, на якій написана ОС, отже їх виклик не

буде залежить від конкретної ОС; по-друге, ОС вже запущена на конкретному апаратному забезпеченні, тому від нього додаток теж не залежить.

Переважає більшість сучасних операційних систем (ОС) написана на С подібних мовах, тому ми орієнтуємось на виклик стандартних функцій мови С.

Візьмемо в якості прикладу програму, яка зчитує з текстового файлу його зміст символ за символом та виводить частоту вказаної літери на пристрій виведення (рис. 1).

Для роботи із зображеннями ми використаємо крос-платформну бібліотеку DevIL.

Розрахунок розмірів вікна додатку та його положення на екрані відповідно розмірів JPEG зображення, що виводиться на нього, складається із кількох викликів наступних імпортованих функцій з відповідних бібліотек:

1. `ilInit`, виконує ініціалізацію DevIL – з `DevIL.DLL`
2. `ilUInit`, виконує ініціалізацію перед запуском ILU – з `ILU.DLL`
3. `ilutRenderer`, виконує ініціалізацію `Renderer` для використання `OpenILUT` (з параметром "2", що означає `DirectX`) – з `ILUT.DLL`
4. з `DevIL.DLL`:
 - a. `ilClearColour` з першими трьома параметрами, що задають очищаючий чорний колір, з мінімальною прозорістю
 - b. `ilGenImages`, з двома параметрами, де перший задає кількість файлів; а другий встановлює імена файлів, що містять зображення
 - c. `ilBindImage` вибирає поточне зображення
 - d. `ilLoadImage` завантажує зображення з файлу
5. `GetDC` витягає дескриптор (у комірку 1) клієнтської частини вікна додатка – з `USER32.DLL`
6. `CreateCompatibleDC` створює (у комірку 2) сумісний з даним пристроєм зміст пам'яті – з `GDI32.DLL`
7. Приготування до розрахунків для оптимального виводу вікна:
 - a. `ilutConvertToHBitmap` повертає (у комірку 3) сумісний з ОС Windows дескриптор (обробник) `bitmap` – з `ILUT.DLL`
 - b. `ilutGetBmpInfo` заповнює структуру `bmpinfo` для оптимального виводу відносно екрану вікна. Параметри якого витягуються за допомогою функції `GetSystemMetrics` – з `USER32.DLL`

Виведення JPEG зображення у вікно додатку складається із кількох викликів імпортованих функцій з динамічно зв'язаних бібліотек:

1. `BeginPaint` готує завдане вікно до забарвлення та заповнює структуру `PAINTSTRUCT`, в якій задані розміри області забарвлення – з `USER32.DLL`
2. `BitBlt` власно виконує копіювання кольорового зображення по-блоково з файлу до вікна – з `GDI32.DLL`

`EndPaint` відмічає повне завершення забарвлення завданого вікна – з `USER32.DLL`

STUDY OF ASSEMBLER APPLICATIONS WHICH WORK WITH TEXT FILES OR IMAGES IN FASM ENVIRONMENT

O. Morozov, D. Ivashev

Oles Honchar Dnipro National University

morozovs@ua.fm

The working principles for external data in the FASM environment with using of the libraries and advisability of C language standard functions import are considered. The sequence and parameters of function calls for image output to the application window are determined. The use of libraries greatly simplifies processing of external data.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MULTISIM РАЗВЕРТЫВАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЕМКОСТИ, ШУНТИРОВАННОЙ АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Н. Твердоступ, В. Маймур

*Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
tven72@ukr.net*

В стандартном включении интегрального таймера активными потерями емкости времязадающей цепи обычно пренебрегают ввиду их малости. Однако, при использовании емкости в качестве датчика контроля последний всегда шунтируется сопротивлением потерь контролируемого вещества. Это требует оценки влияния шунтирующего сопротивления на работу преобразователя.

В схему развертывающего преобразователя (рис. 1) на интегральном таймере с времязадающей цепью, состоящей из сопротивления R и емкости C датчика, включено шунтирующее сопротивление r_c , эквивалентное активным потерям в контролируемом

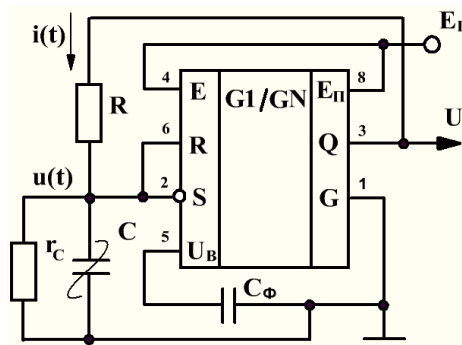


Рис. 1

веществе. При включении таймера на его выходе устанавливается высокий уровень напряжения U , которое распределяется на элементах интегрирующей цепи согласно

$$RC \frac{du}{dt} + \frac{R+r_c}{r_c} u = U, \quad (1)$$

где u - напряжение на емкости C . Решение уравнения (1) имеет вид

$$u(t) = \frac{r_c}{R+r_c} U (1 - \exp(-\frac{t}{\tau})), \quad (2)$$

где $\tau = RC$. Напряжение $u(t)$ периодически изменяется по экспоненциальному закону между пороговыми уровнями $U/3$ и $2U/3$ компаратора таймера. Это формирует на выходе таймера прямоугольные импульсы с периодом следования

$$T = RC \ln \frac{2r_c - R}{r_c - 2R}. \quad (3)$$

Из анализа (3) следует условие существования колебаний, а именно: удвоенное значение сопротивления R вреязающей цепи всегда должно быть меньше сопротивления активных потерь r_c емкостного датчика

$$r_c > 2R. \quad (4)$$

Проверка выражений (3) и (4) проведена путем моделирования разветвляющего преобразователя в среде MULTISIM. На рис. 2 представлена виртуальная модель преобразователя по схеме на рис. 1, в которой R_1 соответствует r_c , $C_1 - C_\Phi$, DD1 – микросхема

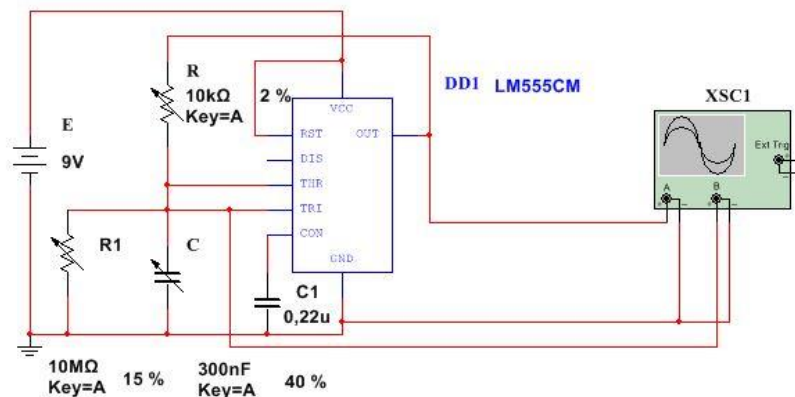


Рис. 2

интегрального таймера LM555. Варьируя параметры R и C экспериментально получено семейство зависимостей (рис.3) модели преобразователя, подтверждающее справедливость передаточной характеристики (3) и условия существования колебаний (4).

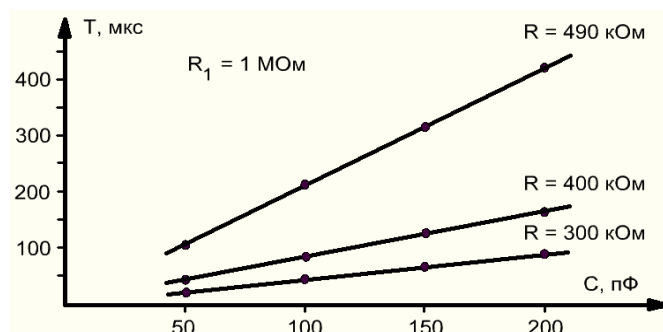


Рис. 3

A DESIGN IS IN ENVIRONMENT OF MULTISIM OF DEVELOPING TRANSFORMER OF CAPACITY, ACROSS THE LINE PURE RESISTANCE

N. Tverdostup, V. Maimur

Oles Honchar Dnipro National University

tven72@ukr.net

By a design in the environment of Multisim transmission description of developing transformer of capacity of sensor is specified with active losses, the condition of existence of vibrations is set. A transformer is executed on the basis of integral timer of LM555.

ПОЛІПШЕННЯ І СЕГМЕНТАЦІЯ СЛАБОКОНТРАСТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ НЕЧІТКОЇ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ

Л. Ахметшина, С. Митрофанов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mitrofanov.stas@hotmail.com

Класичні методи обробки зображень на практиці часто є неефективними через нечіткість та невизначеність, присутніх у вхідних даних, які обумовлена, зокрема, фізичними властивостями засобів формування та передачі інформації. Задача поліпшення зображень, з метою полегшення їх аналізу або подальшого використання в автоматизованих системах, має фундаментальне значення в багатьох прикладних областях, таких, наприклад, як медицина, екологія, геологія та ін. В останні десятиліття особливо популярними стали нечіткі методи перетворення зображень, які здатні обробляти дані, що містять невизначеність, не пов'язану з випадковістю [1]. Їх важливою особливістю є суттєва нелінійність і можливість використання знань.

Загальна схема нечіткої обробки зображень складається з трьох етапів: фаззифікації P , операцій перетворення функцій належності T та дефаззифікації IP . Перехід в нечіткий простір (фаззифікація), може бути інтерпретований як специфічний тип кодування вхідних даних, який залежить як від поставленої мети, так і від характеристик вихідного зображення. Зображення G розміру $M \times N \times L$ - рівнями сірого яскравості може бути представлено у вигляді масиву нечітких множин щодо аналізованої властивості зі значенням функції належності μ_{xy} , яка змінюється в інтервалі $[0,1]$ для кожного пікселя:

$G = \bigcup_{m=1}^M \bigcup_{n=1}^N \frac{\mu_{mn}}{x_{mn}}$. Вихід Y системи для входу X задається послідовністю операторів

$$Y = IP(T(P(X))).$$

У доповіді розглядається метод перетворення слабкоконтрастних зображень за допомогою оператора інтенсифікації і вплив параметрів даного алгоритму на кінцевий результат [2].

Оператор інтенсифікації (INT) розтягує контраст між значеннями належності на основі наступного виразу:

$$\begin{aligned} \mu'_{mn} &= 2[\mu_{mn}]^b, \quad 0 \leq \mu_{mn} \leq a \\ \mu'_{mn} &= 1 - 2[1 - \mu_{mn}]^b, \quad a \leq \mu_{mn} \leq 1 \end{aligned} \quad (1)$$

Функція належності визначена як

$$\mu_{mn} = \left[1 + \frac{g_{\max} - g_{mn}}{F_d} \right]^{-F_e} \quad (2)$$

де F_d та F_e є деномінаційне та експоненціальне значення параметрів фаззифікації. Для параметру F_e рекомендується встановлювати значення $F_e = 2$, F_d визначається за формулою

$$F_d = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{\frac{1}{0.5^{F_e}} - 1}, \quad (3)$$

де d_{max} , d_{mid} – максимальне та середнє значення рівня сірого зображення, відповідно. Чисельно, коли $\mu_{mn} \rightarrow 1$ то рівень сірого також наближається до максимальної яскравості $g_{mn} \rightarrow g_{max}$.

Після модифікації функції зворотній перехід в чіткий простір виконується на основі функції дефазіфікації

$$g'_{mn} = G^{-1}(\mu'_{mn}) = g_{max} - F_d \left[(\mu'_{mn})^{-\frac{1}{F_e}} - 1 \right] \quad (4)$$

Алгоритм обробки напівтонового зображення на основі використання оператора інтенсифікації рекурсивно включає наступні етапи:

- встановлення параметрів F_e , b , a ;
- розрахунок F_d , d_{mid} , d_{max} ;
- перетворення рівнів сірих у нечіткий простір за допомогою перетворення (2);
- рекурсивна модифікація функції належності на основі (1) (кількість ітерацій);
- генерація нових сірих рівнів за допомогою зворотного перетворення (3).

У доповіді наведено дослідження впливу різноманітних методів фазіфікації, вхідних параметрів алгоритму та методів візуалізації при використанні оператора інтенсифікації для обробки слабоконтрасних зображень різної фізичної природи. Наведені оптимальні параметри, які забезпечують сегментацію слабоконтрасних медичних зображень.

На рис. 1 наведено результати використання оператора інтенсифікації с на прикладі обробки рентгенівського медичного зображення в порівнянні з методом еквалізації гістограми.

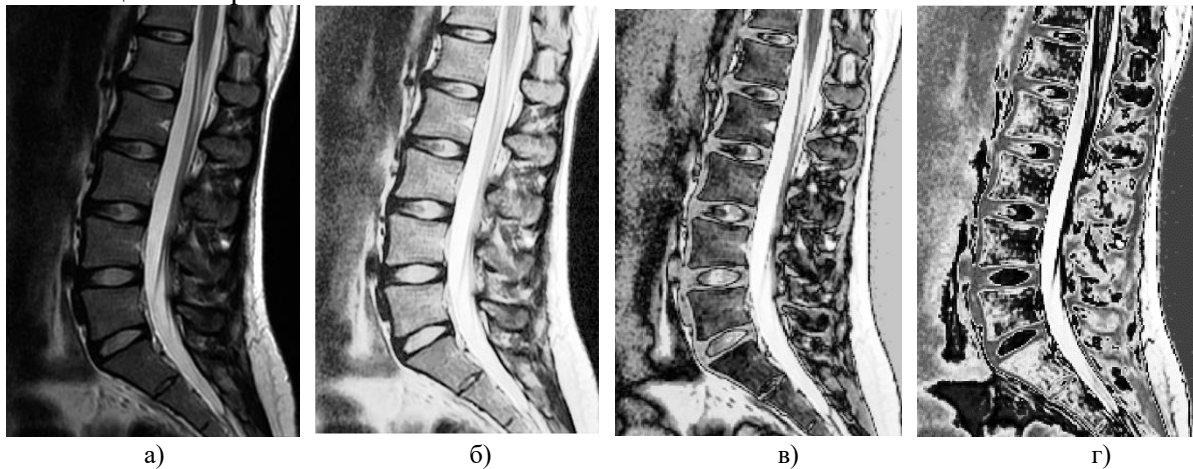


Рис. 1. Результати використання оператора інтенсифікації ($a = 0.5$): а) вхідне зображення; б) еквалізація гістограми; в) оператор інтенсифікації $b = 2$, кількість ітерацій 10; г) $b=1.5$, кількість ітерацій 1

Висновки. Параметри алгоритму нечіткої інтенсифікації суттєво впливають на результати перетворень характеристики яскравості зображення. Параметр $b=2$ забезпечує збільшення контрастності та підвищує чіткість виділення об'єктів інтересу; зміна значення b в діапазоні $[1.2-2]$ дозволяє контролювати ступень деталізації різних ділянок при сегментації зображення.

- [1] Bernd Jähne Horst Haußecker Peter Geißler. Handbook of computer vision and applications / -V. 2. Signal Processing and Pattern Recognition. Academic Press. –1999. – 722p.
- [2] А. Егоров, Л. Ахметшина. Оптимизация яркости изображений на основе нейро-фаззи технологий / Монография. Изд. Lambert. –2015. –139 с.

ENHANCEMENT AND SEGMENTATION OF LOW CONTRAST IMAGES BASED ON FUZZY INTENSIFICATION

L. Akhmetshina, S. Mitrofanov

*Oles Honchar Dnipro National University
mitrofanov.stas@hotmail.com*

The results of experimental studies of the capabilities of the fuzzy intensification algorithm to improve low-contrast medical images and the effect on the result of the fuzzification method and the initial transformation parameters are presented.

INFRASTRUCTURE AS CODE MODEL

V. Sokolov, V. Gerasimov

*Oles Honchar Dnipro National University
vlad.no.sokol@gmail.com*

Infrastructure as code, also referred to as IaC, is a type of IT setup wherein developers or operations teams automatically manage and provision the technology stack for an application through software, rather than using a manual process to configure discrete hardware devices and operating systems [1]. Infrastructure as code is sometimes referred to as programmable or software-defined infrastructure.

Advantages of infrastructure as code:

1. Speed and simplicity

IaC allows you to spin up an entire infrastructure architecture by running a script. Not only can you deploy virtual servers, but you can also launch pre-configured databases, network infrastructure, storage systems, load balancers, and any other cloud service that you may need. Also, you can easily deploy standard infrastructure environments in other regions where your cloud provider operates so they can be used for backup and disaster recovery.

2. Configuration consistency

IaC completely standardizes the setup of infrastructure so there is reduced possibility of any errors or deviations. This will decrease the chances of any incompatibility issues with your infrastructure and help your applications run more smoothly.

3. Minimization of risk

Because code can be version controlled, IaC allows every change to your server configuration to be documented, logged, and tracked. And these configurations can be tested, just like code. So, if there is an issue with the new setup configuration, it can be pinpointed and corrected much more easily, minimizing risk of issues or failure.

4. Increased efficiency in software development

Developers can launch their own sandbox environments to develop in. QA can have a copy of production that they can thoroughly test. Security and user acceptance testing can occur in separate staging environments. And then the application code and infrastructure can be deployed to production in one move.

5. Cost savings

Automating the infrastructure deployment process allows engineers to spend less time performing manual work, and more time executing higher-value tasks. As mentioned earlier, your IaC script can automatically spin down environments when they're not in use, which will further save on cloud computing costs.

Disadvantages of infrastructure as code:

1. Learning curve

The term code is flexible in this process and therefore it often requires learning a new flavor of code based on the tool you are using.

2. Infrastructure divergence

Changing an infrastructure stack by hand in the console that has been provisioned by an IaC tool can cause divergence. Meaning the state of our infrastructure has changed because it was edited manually and our IaC tool doesn't know that.

The concept of infrastructure as code is like programming scripts, which are used to automate IT processes. However, scripts are primarily used to automate a series of static steps that must be repeated numerous times across multiple servers. Infrastructure as code uses higher-level or descriptive language to code more versatile and adaptive provisioning and deployment processes. For example, infrastructure-as-code capabilities included with Ansible, an IT management and configuration tool, can install MySQL server, verify that MySQL is running properly, create a user account and password, set up a new database, and remove unneeded databases.

There are many tools that fulfill infrastructure automation capabilities and use IaC. Broadly speaking, any framework or tool that performs changes or configures infrastructure declaratively or imperatively based on a programmatic approach can be considered IaC. Traditionally, server (lifecycle) automation and configuration management tools were used to accomplish IaC.

Terraform is a cloud agnostic infrastructure provisioning tool. It allows us as developers to represent our infrastructure, regardless of whether it is AWS, Google Cloud or Azure, in a well-defined language known as HCL [2]. Terraform is highly extensible via plugins and has a very strong community around it that produces great open source modules for provisioning chunks of infrastructure.

Ansible is an infrastructure automation tool from Red Hat. Developers describe how their components and system relate to one another. It is meant to manage systems end to end rather than independently. These definitions are written in YAML and are known as Playbooks [3].

Infrastructure as code is the process and practice of representing underlying resources that support our systems in code. It is one that can be leveraged by teams big and small regardless of whether that cloud is provisioning resources in AWS, GCP, Azure, or their own data center. This allows us to use the same processes we use already when writing application code. This includes sharing the infrastructure with our team so that the team can maintain the resources collaboratively. It also includes testing how our infrastructure is created, updated, and deleted. Just as with application code the definition of our infrastructure can be peer-reviewed.

[1] Infrastructure as Code by Kief Morris (O'Reilly Media; 1 edition (June 27, 2016)) 362 p.

[2] Terraform - Introduction to Terraform [Electronic resource]. Access mode: <https://www.terraform.io/intro/index.html>

[3] Ansible - Learn how to Ansible [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ansible.com/resources/get-started>

ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОПОТОКОВОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Г. Освятинський

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
osviatynskyi.georgii@gmail.com

Сучасні системи відеоспостереження надають багато можливостей. Так, система Axhon Next [1] дозволяє використовувати різноманітні аудіо та відео детектори, вбудовані у відеокамери, що забезпечує значне зниження навантаження на обробляючі пристрої, а також може бути застосоване для побудови системи чутливої до певних подій, таких як: початок та зупинка руху, зміна фону, втрата якості зображення, перетин лінії у певному напрямі та інші. Такого функціоналу достатньо для систем зовнішньої безпеки, але для відеоспостереження та аналізу подій у кадрі потрібно більш широкий інструментарій дослідження даних у відео потоці, Тому було прийнято рішення розробити власну систему обробки відеоданих.

Для розробки власної системи необхідно враховувати те, що дані будуть оброблятися не з однієї камери, а з багатьох. Це призводить до необхідності багатопотокової обробки даних, що можливо з використанням відповідних фреймворків, розроблених у середовищі мови програмування Java [2]. Також, необхідно додати можливість здійснювати обробку даних не тільки у локальній, а і у багатьох мережах. Для цього необхідно забезпечити обробку декількох запитів одночасно, тому пропонується використання контейнера сервлетів компанії Apache Software Foundation - Apache Tomcat [3].

Для якісного аналізу подій необхідна система, яка здатна розпізнавати не тільки наявність об'єктів у кадрі, а й визначати що це за об'єкти, які дії виконуються ними або над ними тощо. Таку систему необхідно або розробляти, або скористатися готовими рішеннями. Одним з варіантів є використання сервісів, що надаються компанією Amazon, які дозволяють скористатися наступними можливостями:

- Розпізнавання великої кількості об'єктів у кадрі;
- Розпізнавання сцени, яка зображена у кадрі;
- Знаходження облич, схожих на шукомий зразок;
- Виявлення емоцій, які відчуває особа, що знаходиться на зображенні;
- Аналіз виконуваних дій та розпізнавання підозрілих чи неприпустимих;
- Розпізнавання та вилучення тексту, який має місце у кадрі.

Для використання подібного сервісу, необхідно подбати про надійне збереження відеоданих. Було розглянуто декілька варіантів збереження інформації, серед яких зберігання на власних жорстких дисках або робота зі швидкісними хмарними сховищами.

При збереженні на власних дисках, необхідно забезпечити постійну наявність вільного місця та створити файлову структуру, яка дозволяє легко знаходити файли від різних джерел.

При збереженні у хмарних сховищах необхідно забезпечити постійний канал, через який дані будуть передаватися з джерела до місця збереження та розробити реляційну базу, яка буде містити інформацію про завантаженні дані.

Зважаючи на все вказане, були розроблені наступні алгоритми для завантаження файлів з систем відеоспостереження до оброблюючого сервісу:

1. Завантаження файлів до власних жорстких дисків;

2. Завантаження файлів з власних жорстких дисків до сервісу аналізу відеоданих;
3. Завантаження файлів до хмарного сховища;
4. Завантаження файлів з хмарного сховища до сервісу аналізу відеоданих.

Використовуючи наведені алгоритми був побудований сервіс обробки даних систем відеоспостереження та проаналізовані особливості його роботи.

- [1] Axxon Next — система відеоспостереження на відкритій платформі https://www.axxonsoft.com/ua/products/axxon_next/
- [2] David R. Heffelfinger - Java EE 8 Application Development: Develop Enterprise applications using the latest versions of CDI, JAX-RS, JSON-B, JPA, Security, and more.
- [3] Chanoch Wiggers, Ben Galbraith, Vivek Chopra, Sing Li, Debashish Bhattacharjee, Amit Bakore, Romin Irani, Sandip Bhattacharya, Chad Fowler - Professional Apache Tomcat

FEATURES OF MULTITHREAD DATA PROCESSING IN CLOSED-CIRCUIT TELEVISION SYSTEMS

G. Osviatynskyi

*Oles Honchar Dnipro National University
osviatynskyi.georgii@gmail.com*

The problem of multithread data processing in closed-circuit television systems is discussed. To solve this problem, was required to handle multiple network requests at the moment of time, to store huge amount of video data and subsequent analysis in intelligent and high performance systems. In this article was proposed to use Java based packages, Apache Tomcat servlet container and Amazon Web Service for file storage and photo and video analysis. Also, in this article have been developed algorithms for data transfer from source to storage system and further analysis by third-party service, provided by Amazon. The proposed approach provides all required tools for creating high performance data processing system, which will allow to process and analyze huge amount of video data in closed-circuit television systems.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РУХІВ НА ОСНОВІ MEMS ДАТЧИКІВ

Р. Литвиненко, М. Мілих, Д. Чернетченко, М. Моцний

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kef.dnu@gmail.com*

Для людини функція локомоції – одна з найголовніших, оскільки дозволяє взаємодіяти з навколишнім середовищем. На жаль, якість цієї взаємодії не завжди висока, тому більшість нещасних випадків (аварії, різноманітні травми, псування майна та інші) виникають саме через неуважні, погано скоординовані рухи. Але сучасний рівень технологій дозволяє відстежувати та запобігати несприятливим ситуаціям за допомогою систем контролю рухів.

Системи контролю та аналізу рухів можуть бути корисними як у повсякденному житті, так і в таких галузях, як робототехніка, медицина, спорт, кінематограф. Датчики відстежують положення кінцівки, передають дані до мікроконтролера, який, в свою чергу, за допомогою бездротового каналу зв'язку передає їх до пристроїв обробки та управління, де вони можуть використовуватися для візуалізації, управління або в інших цілях.

Для контролю орієнтації рухомого тіла в просторі під час відстеження рухів використовують системи, які складаються з трьох сенсорів: акселерометра, гіроскопа та магнітометра. Прикладом такої системи є MEMS датчик MPU-9250 [1], на виході якого можна отримати матрицю повороту пристрою в просторі. MPU-9250 містить два кристали: на одному реалізовані 3-осьовий гіроскоп і 3-осьовий акселерометр, а на іншому – 3-осьовий датчик напруженості магнітного поля [2]. Окрім дев'яти основних сенсорів та процесора до складу MPU-9250 входять 16-бітові АЦП на кожному вимірювальному тракті, система живлення, регістри, комунікаційні інтерфейси та буфер FIFO, а також датчик температури. Для взаємодії із зовнішнім керуючим процесором використовуються інтерфейси I2C і SPI.

Загальний алгоритм визначення координат містить такі складові: отримання інформації про початкові значення координат і швидкостей; безперервне вимірювання проекції прискорення об'єкта за допомогою акселерометрів; визначення за допомогою гіроскопів орієнтації акселерометрів щодо навігаційної системи координат; дворазове інтегрування прискорення об'єкта за часом.

На базі обраних елементів розроблено пристрій, що реалізує наведений алгоритм (рис.1). З виходів MPU-9250 дані у вигляді цифрового сигналу за інтерфейсом SPI надходять до мікроконтролера, якій їх обробляє та за інтерфейсом UART передає до модуля ESP8266. Потім дані за протоколом Wi-Fi можуть бути передані до виконуючого пристрою.

До процесу ініціалізації портів та змінних входить підключення бібліотек, оголошення усіх змінних, констант та усіх використаних контактів як «вхід» або «вихід». Далі відбувається процес калібрування датчиків. Завдяки цифровому процесору руху, вбудованому в MPU-9250, можна виконати тест на готовність кожного з датчиків до роботи. Процесор сам визначить стан регістрів та поверне значення до мікроконтролера. Після цього відбувається обнуління значень акселерометра, гіроскопа та магнітометра та встановлення діапазону вимірювань.

Головна задача процесу обробки даних – розпізнавання характеру рухів кінцівки людини. Для обробки даних на ПК використана нейронна структура з трьох шарів: вхідного, рекурентного і вихідного [3]. Вхідний шар генерує послідовність спайків (закодований вхідний сигнал з акселерометра, гіроскопа та магнітометра). Рекурентний шар складається з $N = N_E + N_I$ рекурентно пов'язаних нейронів, де N_E і N_I – кількості збуджуючих та гальмівних нейронів відповідно. Внутрішній мережевий шар складається з мультистабільних нейронів, при цьому електрична мультистабільність нейронів обумовлена метричною асиметрією їх метричних параметрів. Нейрональний каркас складається з $N=1000$ внутрішніх нейронів з часткою $N_I = 0,25N_E$. Вихідний шар представлений чотирма бістабільними нейронами з активними вхідними дендритними структурами, які збирають всі синаптичні входи від нейронів другого внутрішнього шару і здатні генерувати одиночні спайки у відповідь на велику кількість одночасних синаптичних входів. Вихідні нейрони навчаються працювати так, що генерація вихідного спайка на нейроні “0” відбувається тільки тоді, коли кінцівка рухається догори, “1” – при русі вниз, “2” – при русі вліво, “3” – при русі вправо. Оновлення синаптичних ваг відключаються після інтервалу часу 10 с, що відповідає найбільш повільному переміщенню кінцівки у просторі.

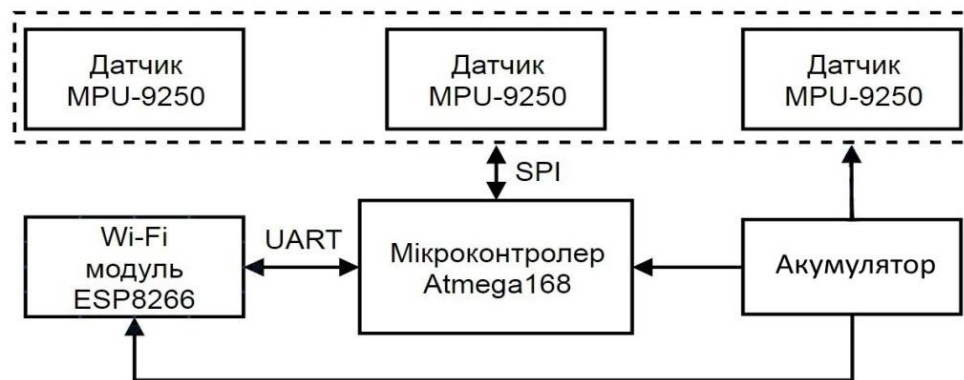


Рис. 1. Структурна схема пристрою

Для тренування мережі попередньо було виконано 50 рухів для кожного з чотирьох напрямків. Після завершення фази тренування система пройшла валідацію у реальних умовах використання, при цьому точність класифікації для різних переміщень становила: 98,4% для напрямку “вгору”, 97% – “вниз”, 91% – “вліво” та 89% – “вправо”. Більш низька точність розпізнавання рухів у горизонтальній площині пояснюється відсутністю зміни найбільш вагомому фактору розпізнавання – вектора гравітаційної сталої g .

Отримані результати свідчать про необхідність проведення у подальшому додаткової попередньої обробки даних мікроконтролером із більшою потужністю, а також вбудованими засобами цифрової фільтрації та фільтрації для вхідних мережевих даних з метою підвищення чутливості системи та зменшення впливу випадкових шумів на корисні дані.

- [1] Маргелов А. Инерциальные МЭМС-датчики. Новости электроники, № 5. (2007). С. 16.
- [2] MPU9250DATASHEET [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf>.
- [3] Martinez J., Black M.J., Romero J. On human motion prediction using recurrent neural networks, Computer Vision and Pattern Recognition. (2017). P. 1-10.

MOTION CONTROL SYSTEM BASED ON MEMS SENSORS

R. Lytvynenko, M. Milykh, D. Chernetchenko, M. Motsnyi

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

The work deals with the problem of person motions classification using MEMS integral sensor MPU-9250 (accelerometer, gyroscope, magnetometer) and wireless Wi-Fi transmitter ESP8266. Main microcontroller performs raw-data filtering and pre-processing for further mathematical calculations. The direction of limb movement was evaluated using a recurrent neural network. Validation test results showed the ability to accurately (not less than 90%) classify the movements of the limb of a human within the orthogonal planes. A further increase in the classification accuracy is possible due to the using of a more powerful microcontroller with DSP functions support.

АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ

Б. Молодець, Т. Булана

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Bogdan.molodets@gmail.com

Найбільш популярними інструментами для розробки комп'ютерних програм JavaScript є Electron та NW.js. На (рис.1) показані їх технічні характеристики [1].

	NW.js 0.16.0	Electron 1.2.8
Project inception	2011	2013
Corporate sponsor	Intel	GitHub
License	Open Source, MIT License	
Browser runtime	Chromium	libchromiumcontent
Node.js version	6.3.0	6.1.0
Chromium version		51.0.2704.106
Entry point	HTML or JavaScript	JavaScript
Bare distribution size	139 MB (52 MB zipped)	125 MB (45 zipped)
Windows platform support	Windows 7+ (x86 and x64)	
Windows XP support	In LTS version (0.14.X)	No
Mac platform support	Mac OS X.9 +	
Mac OS X.6	In LTS version (0.14.X)	No
Architecture support	32 bit (Win), 64 bit (Win/Mac) & arm (limited)	
Chrome apps support	Yes	No
Support of chrome.* APIs	Yes	No
Plugin support	NaCL, Pepper	Pepper
Adobe Flash support	via Pepper plugin	
Mac App Store support	Yes	

Рис. 1. Порівняльні характеристик Electron та NW.js. статиска станом на 2016 рік

Найбільша частка ринку операційних систем для ПК припадає на Windows, OS X та Linux, що свідчить про можливість назвати вихідний продукт з цих фреймворків кросплатформним [2].

Для NW.js характерний браузерний підхід - стартова точка html (Hypertext Markup Language) файл, в той же час Electron.js - до node.js, маючи в якості стартової точки js файл, в який за допомогою API завантажується html. На відміну від NW.js, Electron не є копією chromium, що дає змогу підключати тільки потрібні для розробки бібліотеки. Як результат Electron виграє в компактності, швидкості збірки, оновленню.

Розглянемо на архітектурне рішення в Electron.js. В створеному nodejs проекті в файлі вказується стартовий js файл. Цей головний файл створює вікна додатків з інтерфейсом веб-сторінок. Після запуску програми за допомогою Electron створюється основний процес (main process). Цей основний процес відповідає за взаємодію з нативним графічним інтерфейсом поточної операційної системи та створює графічний інтерфейс вікон програми. Ці вікна створюються основним процесом у головному файлі, використовуючи модуль BrowserWindow. Після цього кожне вікно браузера виконує свій власний процес візуалізації (рис. 2). Цей процес візуалізації займає веб-сторінку (HTML-файл, який посилається на звичайні файли CSS, файли JavaScript, зображення тощо) і відображає його у вікні.

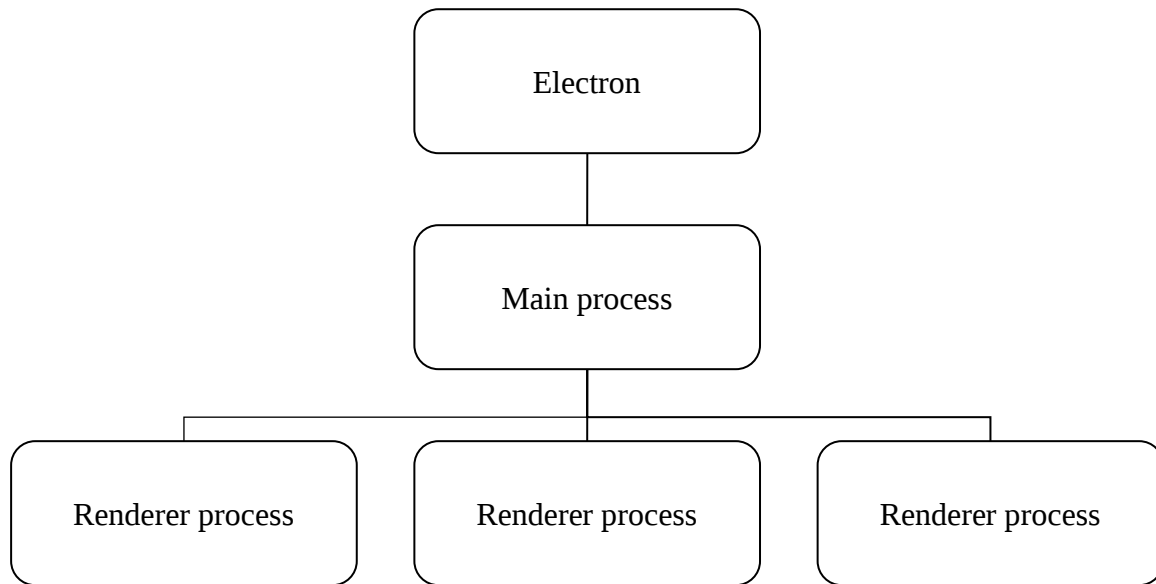


Рис. 2. Архітектура Electron.js проекта

Розглянуті порівняльні характеристики популярних інструментів для розробки комп'ютерних програм JavaScript є Electron та NW.js.

[1] <http://tangiblejs.com/posts/nw-js-and-electron-compared-2016-edition>

[2] <https://gs.statcounter.com/os-market-share#monthly-201707-201807-bar>

ANALYSIS OF DEVELOPMENT TOOLS COMPUTER PROGRAMS

B. Molodets, T. Bulanaya

Oles Honchar Dnipro National University

Bogdan.molodets@gmail.com

The comparative characteristics of the popular JavaScript software development tools are Electron and NW.js.

НЕЧІТКІ МНОЖИНИ ТИПУ_2 В ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ СЛАБОКОНТРАСТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Л. Ахметшина, О. Книш

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
intdnr@gmail.com*

Процес сегментації є важливим кроком при аналізі будь-яких типів зображень, оскільки його результати істотно впливають на точність вирішення поставлених завдань, наприклад таких, як виділення кордонів або класифікація об'єктів. Однак, оскільки вихідні зображення об'єктивно містять невизначеності, пов'язані з системою його формування та подання в цифровій формі, дана задача є істотно неоднозначною.

Zadeh [1] вперше запропонував використовувати нечіткі множини (НМ) типу_1 (T1) для формалізації опису невизначеності, пов'язаної з погано визначеними завданнями. Серед існуючих алгоритмів нечітка кластеризація є одним з найбільш поширених і ефективних методів вирішення проблеми сегментації зображень (Fuzzy C-mean - FCM). У FCM векторний простір вихідних даних поділяється на заздалегідь задане число підпросторів на основі вектора відстані, кожне з яких описується нечіткою функцією належності.

Однак, в реальності існує ще один тип невизначеності, пов'язаний з відсутністю точних знань у визначенні нечіткої функції належності [2]. Введення НМ T2, які є розширенням T1, дозволяє вирішувати проблеми, пов'язані з нечіткістю самої функції належності T1. Нечітка логіка T2 дозволяє враховувати лінгвістичні або числові невизначеності, перекладені в правила. Такі випадки обробляються невизначеностями правил і невизначеностями вимірювань.

Застосування НМ T2 - новий напрямок в обробці зображень, який дозволяє розробити більш чутливі і достовірні методи сегментації зображень. НМ T2 необхідні в умовах, коли важко визначити точну НМ. Це третій вимір функції належності (ФН), яка дозволяє нам оцінювати невизначеності моделі, ґрунтуючись на знанні проблеми, що розглядається.

В рамках даної доповіді досліджується відмінність в підходах при сегментації слабкоконтрастних зображень з використанням нечітких множин типу_1 і типу_2. На рис. 1 представлена схема обробки зображень з використанням НМ T2, яка включає блок зменшення типу. Тобто, НМ типу_1 отримується з вихідних даних типу_2 – нова складна операція називається скороченням типу.



Рис. – 1 Схема обробки зображень з використанням нечітких множин типу_2

На рис. 2 а, б наведено графічний образ НМ типу_1 і типу_2, відповідно. Остання характеризується верхньою і нижньою межами, кожен з яких визначає ФН типу_1.

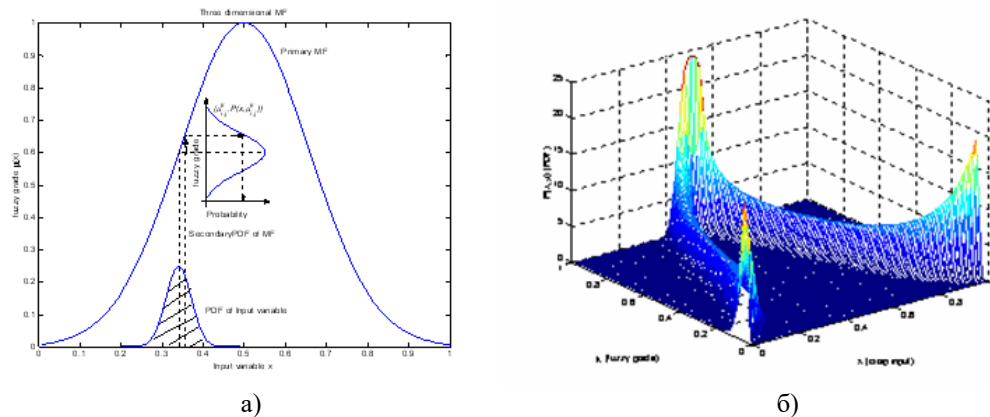


Рис. - 2 Графік нечітких функцій належності: а) множина типу_1; б) множина типу_2

Висновки. Функції належності типу_2 дозволяють виконати облік невизначеності, пов'язаний з відсутністю точних знань про вихідні дані, систем формування, а також невизначеностей, закладених в алгоритмах;

спосіб переходу до функції належності типу_2 робить істотний вплив на чутливість сегментації.

- [1] Wu Haoyang, Wu Yuyuan, Luo Jinping An Interval Type-2 Fuzzy Rough Set Model for Attribute Reduction. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2009. - V. 17, Issue 2. - P. 301 – 315.
- [2] Ахметшина Л., Егоров А. Сегментация слабоконтрастных изображений на основе нечёткости второго порядка. *Системные технологии*. 2019. № 1 (120). - С. 10 – 20.
- [3] L. Akhmetshina, A. Yegorov. Low-Contrast Image Segmentation by using of the Type-2 Fuzzy Clustering Based on the Membership Function Statistical Characteristics / International Scientific Conference Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. AISC, - v. 1020. pp 689-700.

FUZZY TYPE_2 SETS IN THE PROBLEM OF SEGMENTATION OF LOW-CONTRAST IMAGES

L. Ahmetshina, O. Knysh

Oles Honchar Dnipro National University
intdnp@gmail.com

The report provides an example of the difference between fuzzy sets of the first and second type. It has been proven that using the membership function type_2 has a significant effect on the sensitivity of segmentation.

ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ПРОЦЕДУР АУТЕНТИФІКАЦІЇ АБОНЕНТІВ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Б. Гулько, В. Корчинський

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
korchins50k@i.ua*

Внаслідок свободи доступу до радіоефіру системи безпроводного зв'язку уразливі щодо несанкціонованого доступу до інформації, що передається, та спроб обману телекомунікаційної системи та абонентів. Внаслідок цього стандарти систем мобільного зв'язку передбачають різноманітні механізми захисту інтересів санкціонованих користувачів та самої мережі. До таких механізмів належать шифрування даних та аутентифікації користувачів мережі [1]. Дана робота присвячена проблемі аутентифікації користувачів систем мобільного зв'язку.

Основним способом аутентифікації є введення на передавальній стороні у повідомлення додаткового хеш-коду (імітовставки, дайджесту повідомлення) [2, 3], причому для збільшення достовірності аутентифікації рекомендовано здійснювати шифрування імітовставки за протоколом RSA [1].

Такий спосіб аутентифікації має суттєве обмеження: невідповідність імітовставки на приймальному боці може бути зумовлена не лише свідомою зміною повідомлення, а й завадами, які неминуче присутні у каналі передавання даних.

У даній роботі здійснено дослідження ефективності низки методів завадостійкого кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставками, щодо її достовірності відповідності повідомленню.

Завадостійке кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставкою, здійснювалося блоковими циклічними та згортковими кодами з різними генераторними поліномами.

За результатами численних обчислювальних експериментів отримані наступні результати.

1. За використання завадостійких циклічних кодів з довжиною інформаційного блоку 8 бітів (найбільш поширений формат передавання даних у цифрових системах зв'язку) з різними кодовими генераторами та використанням двопозиційної фазової маніпуляції за відношення «сигнал/шум» у каналі передавання, починаючи з 2.5 дБ, повідомлення приймається без помилок.
2. За тих же вихідних умов при мінімальній частотній маніпуляції сигналу передавання даних повідомлення приймається безпомилково за відношення «сигнал/шум» починаючи з 2.7 дБ.
3. При згортковому кодуванні зі ступенем $1/2$ та фазовій модуляції сигналу повідомлення приймається безпомилково починаючи з відношення «сигнал/шум» 1.7 дБ. При згортковому кодуванні зі ступенем $1/3$ безпомилковий прийом реалізується починаючи з відношення «сигнал/шум», до дорівнює 0.5 дБ за фазової та мінімальної частотної модуляції сигналу.

При дослідженні ефективності згорткового кодування були використані усі оптимальні коди з малою довжиною кодового обмеження зі ступенем кодування $1/2$ та $1/3$ з генераторами, наведеними в [3], причому було виявлено слабку залежність

граничного значення відношення «сигнал/шум», починаючи з якого усі помилки передавання коригуються, від від величини кодового просвіту.

Криптографічна стійкість захисту імітовставки за протоколом RSA оцінювалася за показником

$$r = \left| \frac{H(X) + H(Y) - H(X \cdot Y)}{H(X)} \right|,$$

де $H(X)$, $H(Y)$ - інформаційні ентропії імітовставки X та її криптограми Y за протоколом RSA; $H(X \cdot Y)$ - сумісна інформаційна ентропія.

Встановлено, що за використання усіх циклічних кодів з довжиною інформаційних блоків 8 біт $0.88 < r < 0.90$. При використанні оптимальних згорткових кодів ступеня $1/2$ цей показник належить інтервалу $[0.77, 0.79]$, а зі ступенем $1/3$ – інтервалу $[0.74, 0.76]$.

Результати даного дослідження дають підстави для рекомендацій щодо вибору способу забезпечення стійкості до завад процедур аутентифікації абонентів у системах безпроводного цифрового зв'язку. Найбільш ефективно у цьому відношенні згорткове завадостійке кодування за ступенем $1/3$. Разом з тим за критерієм практичної криптографічної стійкості захисту імітовставки за протоколом RSA воно менш ефективно, ніж завадостійке кодування циклічними кодами.

В прикладному плані вибір способу завадостійкого кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставками, вирішується пріоритетністю питань мінімізації відношення «сигнал/шум» в каналі передавання даних, починаючи з якого усі помилки передачі коригуються, та криптографічної стійкості захисту дайджесту повідомлення.

- [1] Ипатов В.П. Системы мобильной связи / В.П.Ипатов, В.К.Орлов, И.М.Самойлов, В.Н.Смирнов. М.: Горячая линия-Телеком (2003), 272 с.
- [2] Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях / М.А. Иванов. – М.: КУДИТ-ОБРАЗ (2001), 364 с.
- [3] Складар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Складар. – М.: Вильямс (2003), 1104 с.

NOISE STABILITY OF PROCEDURES FOR SUBSCRIBERS' AUTHENTICATION IN SYSTEMS OF A DIGITAL MOBILE COMMUNICATION

B. Gunko, V. Korchinsky

Oles Honchar Dnipro National University

korchins50k@i.ua

Work is devoted to problems of a noise stability of subscribers' authentication procedures messages by their transmission in mobile communication systems. Recommendations concerning application of various methods of noiseproof encoding of digital signatures are made.

DESIGN OF 4x4 PATCH ANTENNA ARRAY FOR MILLIMETER WAVE WIRELESS COMMUNICATION DEVICES

A. Gnilenko¹, S. Plaksin²

¹*Oles Honchar Dnipro National University*

²*Institute of Transport Systems and Technologies of NAS of Ukraine
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com*

Traditionally used frequency bands for wireless communications no longer provide the increasing data flow transmitted in real time due to the lack of wide enough bandwidth for those operating frequencies. It is well known that broad frequency bands can be easily obtained using higher operating frequencies. That is why the millimeter waves are of great interest as a spectrum resource which can provide very large bandwidths with ultra-high capacity and very low latency [1].

The application of millimeter wave bands for wireless mobile devices requires new designs of antennas for communication systems which can be capable of dynamically steering and precisely forming the radio beam between mobile-stations and base-stations. In order to obtain an efficient beam-steerable antenna system for wireless devices, the smaller antennas arranged as an array can be employed. The best choice for these demands is microstrip patch antennas [2]. Microstrip antennas are preferably due to compact size, low profile, light weight, low cost and great conformity. That is why microstrip patch antennas and antenna arrays are widely used in various ground and satellite communication systems, cellural communication systems, global position systems, etc.

Millimeter wave frequencies are advantageous for wireless communications because of higher data transfer rate, wider frequency bandwidth and narrower radiation beam. The main drawback is severe atmospheric absorption as frequency increases to the range of millimeter waves. Besides the common tendency of absorption increase at high frequencies, there are local absorption maximums due to the presence in the air of oxygen molecules at 60 GHz and 118 GHz, and water vapor at 22 GHz and 180 GHz [3]. However, wireless communications may be possible with minimal losses even at high frequencies if they are located in atmospheric transparency windows between the local maxima of absorption. Due to higher losses at millimeter wave frequencies than at lower frequencies new sophisticated antenna designs are needed to minimize losses and achieve high radiation efficiency. In this report abstract we present the design of 4x4 patch antenna array optimized for an operating frequency of 85 GHz which corresponds to the second atmospheric transparency window.

The geometry of the antenna array is shown in Fig. 1. The antenna array has 4x4 configuration of symmetrically fed radiating patches placed on Rogers RT5870 substrate with permittivity $\epsilon_r=2.33$ and thickness $h=0.127$ mm. The array is fed by 100 Ω input microstrip line. The patch antenna array is designed along with its corporate feeding circuit based on microstrip lines. The feed circuit with the common input is placed on the same side of the substrate with the radiating patches. This variant of antenna array geometry is advantageous by its technological simplicity, compact size, light weight, and the high degree of conformity. However, placing feeding circuit elements on the face side of the antenna array may cause mutual coupling, surface wave generation, and parasitic radiation which degrade antenna characteristics. To effectively deliver input power to the patches, impedances of all feeding circuit elements and the radiating patches have to be matched. Mitered T-junctions with quarter wavelength microstrip line step transformers are used as power dividers and mitered microstrip bends are used for circuit packaging. For matching the impedance of feeding microstrip lines with the input impedance of the patches, the inset feeding technique is involved into the design.

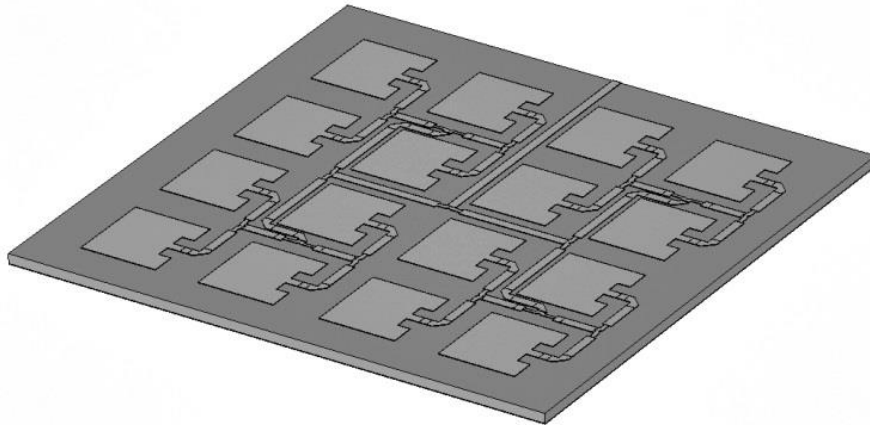


Fig. 1. Patch antenna array geometry.

The antenna array has been simulated using CST Microwave Studio software package. The geometry of the antenna array has been optimized for minimum reflection coefficient magnitude at an operating frequency of 85 GHz. For the optimized antenna array the reflection coefficient reaches -29 dB with a bandwidth of 3.5 GHz at -10 dB return loss level. The radiation pattern of the antenna array is shown in Fig. 2 for polar coordinates and 3D view.

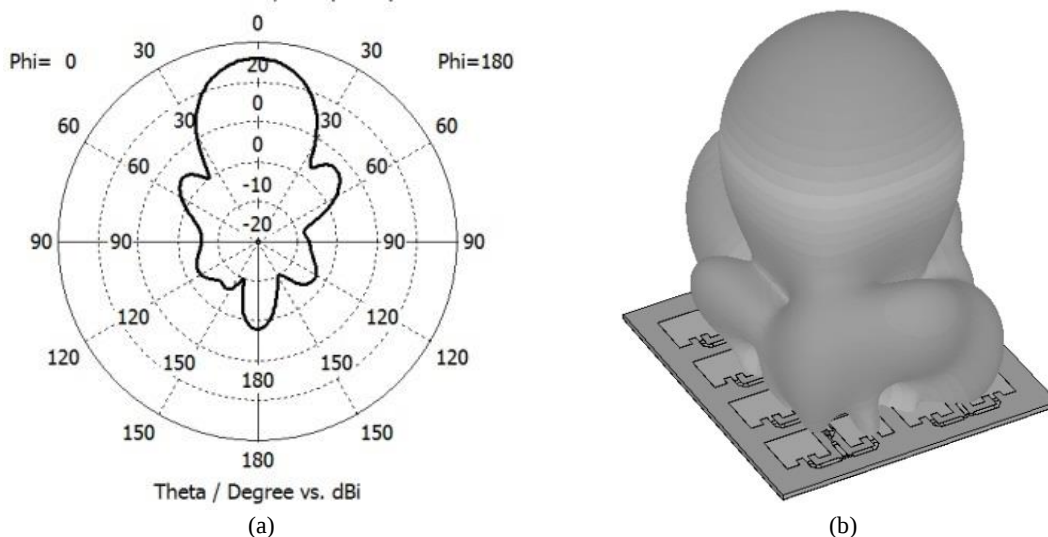


Fig. 2. Directivity pattern of the antenna array: polar plot (a) and 3D view (b).

As can be seen, the main lobe magnitude is 16 dBi at a direction of 1.0 degree. The side lobe level is -19.3 dB. The angular width of the directivity pattern at 3 dB level is 28 degree. The simulation results demonstrate that the proposed antenna array can be effectively applied as a radiating element of wireless communication devices.

- [1] Liu D., Gaucher B., Pfeiffer U., Grzyb J. Advanced Millimeter-Wave Technologies: Antennas, Packaging and Circuits. New York: John Wiley & Sons Ltd. (2009). 827 p.
- [2] Lee K.F., Luk K.M. Microstrip Patch Antennas. London: Imperial College Press. (2011). 524 p.
- [3] Altshuler E.E., Marr R.A. A comparison of experimental and theoretical values of atmospheric absorption at the longer millimeter wavelengths. IEEE Trans. Antennas Propag. Vol. AP-36, No. 10. (1988). P. 1471 – 1480.

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РЕЄСТРАЦІЇ СВІТЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В. Коротков, О. Єліна, Д. Чернетченко

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

kef.dnu@gmail.com

У сучасних умовах важливу роль відіграють різноманітні джерела світла, які здатні впливати на зір людини. Такі характеристики джерел як сила випромінювання, стабільність та спектр випромінювання відчутно прискорюють втому ока людини та можуть суттєво впливати на здоров'я впродовж тривалого періоду дії.

Мета роботи – створення засобу для автоматизованої реєстрації та аналізу світлових характеристик штучних джерел випромінювання, за допомогою якого можна проводити вимір, збереження та обробку цих даних. В роботі було розроблено принципову електричну схему підключення датчиків до мікроконтролера та прототип пристрою для вимірювання спектру та яскравості світла. Для реєстрації, обробки, збереження та візуалізації характеристик світлових джерел розроблено вбудоване програмне забезпечення мікроконтролера мовою програмування C++ у середовищі програмування Arduino.

Для реалізації використано платформу Arduino Uno на базі мікроконтролера Atmega328P. Для аналізу спектра світла використано аналізатор AS7262; для вимірювання інтенсивності випромінювання – датчик світла TCS230; для вимірювання рівня фонованого освітлення – датчик BH1750. Отримані данні виводяться на LED-дисплей, передаються та зберігаються на ПК за допомогою інтерфейсу UART. Для тестування роботи пристрою створено стендову установку для підключення різноманітних джерел штучного освітлення: лампи накаливання, світлодіодної та люмінесцентної ламп та LED-стрічки.

Для кожного штучного джерела випромінювання проведено серію експериментів та отримані дані з кожного сенсора, які усереднювали для 50 значень. За отриманими даними побудовано спектральні характеристики для досліджуваних джерел освітлення, а також отримані значення стабільності та яскравості випромінювання.

HARDWARE AND SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATED REGISTRATION OF LIGHTING CHARACTERISTICS

V. Korotkov, O. Yelina, D. Chernetchenko

Oles Honchar Dnipro National University

kef.dnu@gmail.com

The main purpose of current work was to create a tool for the automated recording of light characteristics of various artificial sources of light, which can be used to measure, store and analyze quality of the lighting sources. Prototype of electronic device was created based on microcontroller platform Arduino UNO and Atmega328P. Integral sensor AS7262 was used for spectrum analyze, TCS230 used for measuring intensity of the light source and BH1750 for measuring background light. Electrical schematic of the electronic device was implemented. The device prototype was validated with aim of developed software tool for spectrum and brightness of artificial light sources estimation.

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ ПОЗАДУ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕШКОД

Р. Корнич, Л. Філінський, В. Магро

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
leonidfil2016@gmail.com*

Останнім часом можна спостерігати швидкий розвиток технологій автоматичної ідентифікації та збору даних, зокрема в цій сфері ведучі позиції займають RFID-технології. Ця область стрімко розширює свої сфери впливу, у нашій країні найбільш поширені: товарообіг та системи безпеки. У найближчі часи технологія буде також впроваджуватись у виробничу та соціальну сферу, зокрема для маркування автомобілів.

Мета даної роботи – розробка та тестування експериментальної системи декількох міток та RFID - зчитувача та проведена оцінка можливості роботи зчитувача з комп'ютером через стандартні порти та їх робота із прикладними програмами, наприклад MS Excel для задач інвентаризації приладів та різного радіофізичного устаткування загального використання.

RFID (англ. Radio Frequency IDentification, радіочастотна ідентифікація) — метод автоматичної ідентифікації об'єктів, у якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих транспондерах або RFID-мітках.

Будь-яка RFID-система складається із пристрою, що зчитує (зчитувач, рідера) і транспондера (він же RFID-мітка). Більшість RFID-міток складається із двох частин. Перша - інтегральна схема (IC) для зберігання й обробки інформації, модулювання й демодулювання радіочастотного (RF) сигналу й деяких інших функцій. Друга - антена для прийому й передачі сигналу.

На рис.1. ми бачимо принцип роботи розробки. До експериментально комплекту входять пристрій-зчитувач, комп'ютер та 3 радіо мітки.

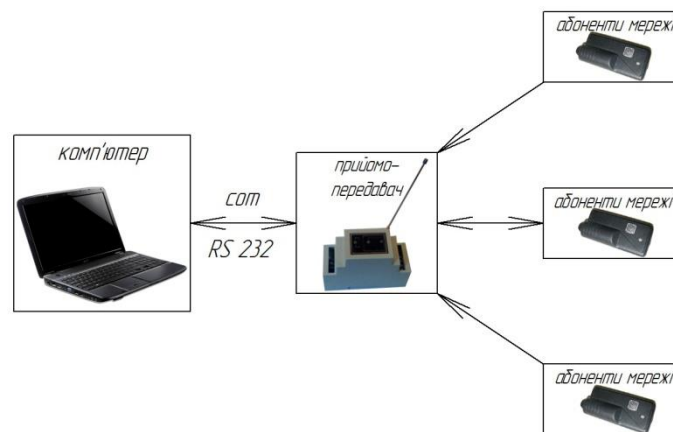


Рис. 1. Блок-схема комп'ютер-зчитувач-мітка

Зчитувач і мітка побудовані на базі новітніх RISC-мікроконтролерів фірми Atmel, що мають значні обчислювальні можливості (до 10МГц), до чотирьох 8-бітних шин вводу-виводу, низьке енергоспоживання (2-10 мА, 1,8-5В), та вбудовані АЦП і ЦАП.

Дуже важливий пристрій – трансмітер, який відповідає за зв'язок між міткою та зчитувачем. Він відзначається багатоканальністю, малими енергозатратами, нульовою

проміжною частотою, а також зручністю інтеграції, завдяки мінімуму обв'язки. Мікроконтроллер і трансивер зв'язані послідовною повнодуплексною шиною SPI. Максимальна швидкість передачі даних трансивера становить 256кбод.

Кожні 33с (час програмується) керуючий мікроконтроллер передає на трансивер строчку із ідентифікатором, який у свою чергу передається в ефір, перевірявши при цьому наявність передач інших міток а також інших радіоперешкод. Така функція мітки називається «антиколізійною». Мітка може затримувати передачу до тих пір поки не звільниться ефір. Після закінчення передачі мітка переходить до режиму «сну» при якому вона використовує лише 0,1мА.

Зчитувач має постійне джерело струму, тому він постійно знаходиться у режимі прослуховування ефіру на наявність пакетних передач від міток (їхніх ідентифікаторів). Отримавши ідентифікатор від своєї мітки зчитувач передає дані на комп'ютер у Excel, а макрос робить відповідний запис в протоколі вимірювань.

Мітка та зчитувач розміщені у стандартних пластикових корпусах. На зовнішній стороні зчитувача закріплена чверть хвильова штирова антена [1] довжиною 17см, яка виготовлена із сталеної струни. На лицьовій панелі розміщені індикатори присутності активних міток у зоні покриття а також індикатор живлення. Зверху знаходиться рознім для підключення кабелю (RS232), внизу рознім для підключення блоку живлення.

У якості приміщення для перевірки стійкості та дальності зв'язку було обрано один із корпусів ДНУ, а саме 12 корпус, 4 поверх, на якому кімнати розміщені по одній лінії в 2 ряди, а між цими рядами приміщень знаходиться коридор довжиною до 100 м, у вигляді галереї для вільного поширення електромагнітних хвиль, подібно хвилеводу.

На поверху в кімнатах устаткування розміщене на столах біля стін, або посередині кімнати, на полках шаф, або на полках стелажів. У багатьох випадках прилади-відбивачі утворюють своєрідну відбивну стінку, висотою від 2 до 3 метрів і орієнтовані довільним образом у просторі. Часто такі стінки можуть значно перегороджувати основну частину електромагнітного потоку передавача.

Тестування RFID - пристроїв проводилося наступним чином: рідер поміщали у різні частини коридору, а RFID - мітки послідовно встановлювали у різних частинах коридору та кімнат на різних висотах, та по всій площині кімнат. Іноді погіршення зв'язку помічалося якщо мітку розміщали впритул до металевих поверхонь, або усередині металевих ящиків (шаф). Загалом тестування пройшло успішно.

[1] Бова Н.Т., Резников Г.Б. Антенны и устройства СВЧ.— Киев: Высшая школа. 1982. 278 с.

DEVELOPMENT OF METHODS OF REMOTE SENSING OF OBJECTS BEHIND DIELECTRIC OBSTACLES

R. Kornych, L. Filins'kyi, V. Magro

Oles Honchar Dnipro National University

leonidfil2016@gmail.com

This paper describes the development and testing of an experimental system with many labels and an RFID reader, evaluates the ability of a reader to work with a computer through standard port, and how this work with MS Excel for inventory tasks of various radio and physical devices.

ЧАСОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕТРАФІКУ БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

І. Козарь, В. Корчинський

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
korchins50k@i.ua

Традиційний спосіб аналізу багатоканальних телекомунікаційних систем (БТС) базується на визначенні їхньої відносної пропускної здатності у стаціонарному режимі передавання пакетів повідомлень. При цьому поза увагою залишається динаміка встановлення такого режиму, що унеможливорює аналіз часових характеристик передачі даних.

У даній роботі визначені залежності від часу ймовірності обслуговування ординарних потоків повідомлень без післядії у багатоканальних системах цифрового зв'язку. На цій основі встановлені часові залежності показника якості обслуговування (QoS) та визначені інтервали часу, протягом яких встановлюється стаціонарних режим передавання.

Як відомо, функціонування БТС при пуассонівському статистичному розподілі вхідних повідомлень описується системою рівнянь Колмогорова вигляду [1]

$$\begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= -\lambda \cdot p_0 + \mu \cdot p_1, \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dp_k}{dt} &= -(\lambda + \eta \cdot k) \cdot p_k + \lambda \cdot p_{k-1} + \mu \cdot (k+1) \cdot p_{k+1} \text{ для } k = \overline{1, N-1}, \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dp_N}{dt} &= -\mu \cdot p_N + \lambda \cdot p_{N-1}, \end{aligned} \quad (1)$$

де p_i - ймовірність зайнятості i каналів; N - кількість каналів; λ - інтенсивність надходження повідомлень; μ - інтенсивність обслуговування повідомлень.

Часова залежність відносної пропускної здатності (ймовірності обслуговування) N -канальної БТС має вигляд $\Pi_N(t) = 1 - p_N(t)$. Її стаціонарне значення дорівнює [2]

$$\Pi_N^{(\text{стац})} = 1 - \frac{\alpha^N}{N!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^N \frac{\alpha^k}{k!}}, \quad (2)$$

де $\alpha = \lambda/\mu$ - трафік.

У результаті числового роз'язання системи рівнянь (1) з початковими умовами $p_0(0) = 1, p_k(0) = 0$ при $k = \overline{1, N}$ отримані часові залежності відносної пропускної здатності БТС $\Pi_N(t)$, в графічному вигляді подані на рисунках 1, 2.

На рисунку 1 наведено залежність $\Pi_{25}(t)$, на рисунку 2 - залежність $\Pi_{10}(t)$ (суцільні криві - трафік 22 ерланга, пунктирні криві - трафік 20 ерлангів).

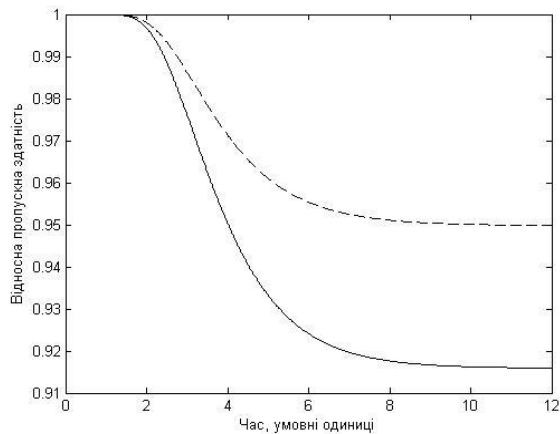


Рис. 1

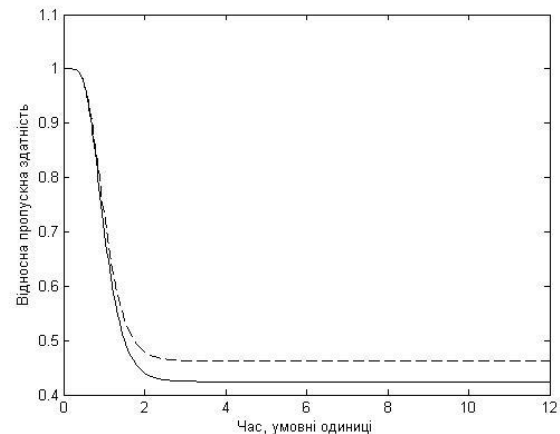


Рис. 2

Зазначимо, що значення стаціонарних рівнів відносних пропускних здатностей з високою точністю збігаються з визначеними за виразом (2).

Як впливає з наведених залежностей, стабілізація відносних пропускних здатностей реалізується за різних затримок стосовно початку функціонування БТС, причому величина затримки збільшується при збільшенні трафіку.

Порівняльний аналіз отриманих залежностей свідчить також про зменшення затримки стабілізації рівня відносної пропускної здатності при зменшенні кількості каналів БТС.

Часова залежність показника QoS (ймовірність відхилення виклику внаслідок зайнятості усіх каналів БТС) дорівнює $p_N(t)$ і може бути легко отримана із залежностей, поданих на рисунках 1, 2.

Результати даної роботи можуть бути узагальнені стосовно БТС з буферизацією (чергами) повідомлень.

[1] Ненадович Д.М. Методологические аспекты экспертизы телекоммуникационных проектов. М.: Горячая линия – Телеком. (2008), 280 с.

[2] Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. СПб.: БХВ-Петербург. (2005), 288 с.

TIME TRANSFER CHARACTERISTICS OF SIGNALS IN MULTICHANNEL SYSTEMS OF DIGITAL COMMUNICATION

I. Kozar, V. Korchinsky

Oles Honchar Dnipro National University

korchins50k@i.ua

Time dependences of service probability in ordinary streams of transacts in digital communication multichannel systems are defined. Time dependences of index QoS are established and time intervals during which the stationary transmission mode is realized are defined also.

МАЛОГАБАРИТНИЙ СЕЙСМІЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ ЛЮДИНИ

П. Фастиковський, М. Глауберман

Навчально-науково-виробничий центр

Одеського національного університету імені І.І.Мечникова

fpp@te.net.ua

Сейсмічні засоби виявлення (СЗВ) відносяться до засобів пасивного типу і внаслідок цього мають ряд переваг: скритність, низьке енергоспоживання, площадкова зона виявлення. При побудові СЗВ, що швидко розгортуються, зазвичай використовують СЗВ з точковими чутливими елементами. Такі СЗВ мають у своєму складі: чутливі елементи генераторного типу - геофони або п'єзоелектричні перетворювачі, що приймають сейсмічні коливання ґрунту та перетворюють їх у електричний сигнал; блок обробки сейсмічних сигналів, що дозволяє здійснювати селекцію корисних сигналів від перешкод та класифікацію за принципом «людина – техніка»; радіоканал, що здійснює передачу повідомлення про виявлення об'єкту у зоні дії СЗВ до центру управління. Розробка та виготовлення таких СЗВ має велике значення як для цілей охорони цивільних і військових об'єктів, так і для розвідувально-сигналізаційних цілей. В ННВЦ ОНУ розробляється малогабаритний автономний точковий СЗВ. Результати розробки сейсмічного пристрою стосовно виявлення руху людини наведено у даній роботі.

Сейсмічний пристрій складається з двох частин: сейсмічного перетворювача та контролера обробки сейсмічного сигналу. Джерело живлення – дві батарейки типу «АА», або літєва батарейка чи акумулятор. При виборі типу сейсмічного перетворювача для пристрою враховувались такі його характеристики, які би задовольняли вимогам розробки. Це насамперед відсутність енергоживлення, висока чутливість, частотна характеристика від 2-3 Гц, стійкість до зовнішніх діючих факторів та малогабаритність. Усім цим вимогам відповідають перетворювачі генераторного типу і більш за все - п'єзоелектричні віброперетворювачі. Порівняно з геофонами вони дозволяють реєструвати сейсмічні коливання з більш низькою частотою. Контролер обробки сейсмосигналу виконує фільтрацію, підсилення, обробку і аналіз сейсмосигналу та видає відповідно результату аналізу сигнал логічного нуля чи логічної одиниці (виявлення об'єкту). При виборі його елементної бази, особливо мікросхем, враховувалось їх енергоспоживання. Тому використався мікропроцесор фірми "Microchip", який дозволяв працювати сейсмічному пристрою у режимах очікування та розпізнавання за розробленою програмою з малим енергоживленням. Вхідний сейсмічний сигнал після селективного підсилювача поступав на аналогово - цифровий перетворювач мікропроцесора і далі оброблявся у відповідності до заданої програми. Цифрування вхідного аналогового сигналу відбувалося з частотою 2 кГц. Контролер обробки сейсмосигналу та сеймоперетворювач з'єднані екранованим кабелем.

Експериментальні дослідження, що проводились на степових ґрунтах, дозволили встановити таке. За відсутності рухомого об'єкту на виході п'єзоелектричного перетворювача були присутні випадкові сигнали (сейсмічні шуми). Ці шуми накладалися на сигнали, що виникали під час руху людини. Сигнал від перешкоди відокремлювався за значенням електричного порогу, причому поріг - адаптивний, що залежить від шумової обстановки у момент вимірювання. Рівень порогу виставлявся за заданим переверненням над усередненим рівнем шуму. Для сейсмосигналів від людини, яка рухається, властивий періодичний біполярний імпульсний характер у вигляді пакетів, з наростанням обвідної послідовності імпульсів при проходженні людини у напрямку пристрою (рис. 1). Тривалість цих імпульсів залежала від багатьох параметрів навіть для одного типу ґрунту: якості контакту взуття з ґрунтом, відстані до людини, швидкості ходіння, маси людини і складала від 100 до 250 мс.

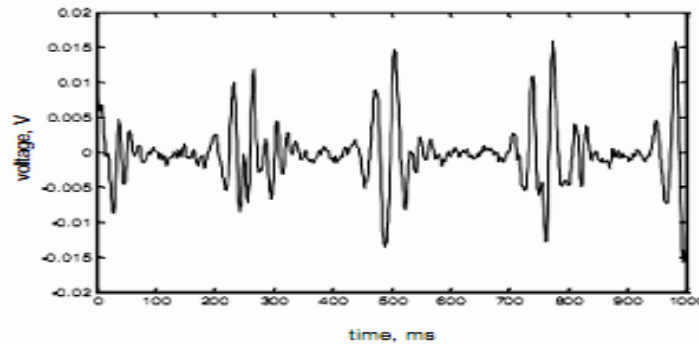


Рис. 1. Сейсмограма від людини, що рухається у напрямку пристрою.

Період слідування імпульсів (шагів людини) в залежності від швидкості руху людини складає у середньому 0.25 с...1,5 с. Для сигналів у загальному вигляді характерні спектри зі смугою приблизно від 2 до 100 Гц на відстані до 20 м. Ці результати збігаються з результатами інших авторів та були обрані у якості інформативних параметрів. Для оцінки періодичності сигналу використовувались кореляційні методи. Розпізнавання людини по її сейсмоімпульсах базується на визначенні наведених параметрів з аналізу сеймосигналу з послідовним прийняттям чи не прийняттям позитивного рішення при кількості характерних послідовних імпульсів $N \geq 3$. Запропонований принцип алгоритму виявлення людини захищає до того ж систему від хибних спрацьовувань, наприклад, від разових та неперіодичних сейсмоакустичних імпульсів. Для зменшення помилкових спрацьовувань пристрою на відміну від відомих пристроїв до алгоритму додатково вводилися критерії відбору, що пов'язані з особливостями руху середніх та великих тварин. Вірогідність коректного виявлення людини у присутності різних перешкод сейсмічного імпульсного характеру складає не менш 0,9 на відстанях до 40 м. Розроблений пристрій є автономний і може працювати від малогабаритного джерела постійного струму з напругою 3 В не менш півроку. Енергоспоживання не перевищує 10 мВт в режимі розпізнавання та 0,3 мВт у режимі очікування. Вага пристрою не перевищує 0,2 кг, що забезпечує його непомітність на місцевості навіть без закопування у ґрунт. Серед СЗВ аналогічного розміру розроблений пристрій має найкращі параметри, що дозволяє йому з успіхом використовуватися як для розвідувально-сигналізаційних цілей, так і для охорони різних цивільних і військових об'єктів.

COMPACT SEISMIC DEVICE FOR HUMAN MOVEMENT DETECTION

P. Fastyskovsky, M. Glauberman
*Training, Scientific and Production Centre
of Odessa I.I.Mechnikov National University
fpp@te.net.ua*

The report presents the results of the development and research of a compact autonomous seismic device for the detection and recognition of moving on the ground person. The device design, seismic transducer, and controller of seismic signal processing, as well as characteristics of seismic signals from moving person and its recognition algorithm are presented. As the tests showed, the developed device has the best parameters in comparison with analogues, which allows it to be successfully used both for reconnaissance purposes, and for the protection of various objects.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПАРАМЕТРИ БІКОНІЧНОГО РЕЗОНАТОРА

Д. Подафей, Д. Салтиков

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dimapodafey@gmail.com*

Одиночні та зв'язані біконічні резонатори активно використовуються в якості вимірювальних датчиків для визначення параметрів діелектричних матеріалів [1,2]. Зазвичай вважається, що вплив зовнішніх факторів, таких як зміна температури і вологості навколишнього середовища незначний, крім того, його можна мінімізувати за допомогою термостатичного обладнання. Однак, застосування термостатів не завжди можливо, або виправдано економічно. У цьому випадку знання ступеню впливу навколишнього середовища на характеристики резонатора необхідно для врахування похибок, викликаних зміною параметрів навколишнього середовища на точність вимірювання параметрів діелектриків.

В роботі проведено чисельне моделювання біконічного резонатора. Для підтвердження результатів обчислень проведені експериментальні дослідження впливу температури навколишнього середовища на резонансну частоту біконічного резонатора. Для проведення вимірювань використовувалася стандартна вимірювальна апаратура: генератор Г4-83 і аналізатор спектру С4-27. Досліджуваний резонатор підключався за схемою «на проходження», діаметри отворів зв'язку становили $\sim 8,5$ мм. Для вимірювання температури навколишнього середовища застосовувався побутовий спиртовий термометр.

Результати експериментальних досліджень показали, що для біконічного резонатора з радіусом у центральній частині 25 мм і половинним кутом при вершині конуса 30° добова зміна температури навколишнього середовища від $15,5^\circ \text{C}$ до 18°C призводить до зміни резонансної частоти для коливання H_{011} на ~ 2 МГц, з 9562 МГц до 9560 МГц. Точність вимірювання зміни частоти становила близько 0,5 МГц. Добротність резонатора при цьому залишалася незмінною.

- [1] Дробахин О.О., Заболотный П.И., Горев Н.Б., Салтыков Д.Ю. Датчики на основе биконических СВЧ-резонаторов для контроля параметров диэлектриков. 19-я Межд. Крымская конф. «СВЧ-техника и телеком. технологии.» (КрыМиКо'2009). Мат. конф. (Севастополь, 14-18 сент. 2009). Севастополь: Вебер. (2009). С. 775-776.
- [2] Andreev MV, Drobakhin OO, Privalov Ye. N., Saltykov D. Yu. Measurement of Dielectric Material Properties Using Coupled Biconical Resonators. Telecommunications and Radio Engineering. Vol. 73. (2014 року). P. 1017-1032.

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE ON THE PARAMETERS OF THE BICONICAL RESONATOR

D. Podafey, D. Saltykov

*Oles Honchar Dnipro National University
dimapodafey@gmail.com*

The paper is devoted to the study of the influence of environment temperature on the parameters of a biconical resonator. Numerical modeling and experimental studies have been carried out. It was found that a daily temperature change of 2.5 degrees leads to a change in the resonant frequency of biconical resonator by ~ 2 MHz.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДБИТТЯ ТА ПОГЛИНАННЯ ПІННИХ ЗРАЗКІВ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ

В. Дмитрієв, Л. Філінський, В. Магро

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
leonidfil2016@gmail.com*

Вивчення питань відбиття і поглинання електромагнітного випромінювання оптичного діапазону в пінних структурах становить інтерес як з точки зору теорії розсіювання і перенесення випромінювання середовищами [1], які в значній мірі розсіюють і поглинають це випромінювання, так і для різних завдань гідрофізики, колоїдної оптики і практичних завдань народного господарства, де широко використовуються піни.

В даній роботі приведені результати вимірювань спектральних характеристик пропускання і відбиття пінних структур в ультрафіолетовому (УФ), видимому і інфрачервоному (ІЧ) діапазонах: (340 - 390 нм, 390 - 770 нм, і 770 - 2400 нм).

На рис. 1. дана оптична схема установки для вивчення поглинання світла в пінних структурах на базі спектрофотометра, що складається з фотометричного кулі 1, на якому закріплені фотометричні приймачі зазначених діапазонів, дзеркала 2, рухомої вихідної щілини 3, сферичного дзеркала 4, призми 5, дзеркала 6, вхідної щілини 7. У якості джерела світла 8 використовувалася ксенонова лампа ДКсЕЛ-1000, яка забезпечувала вимірювання в зазначених діапазонах.

Якщо помістити вимірюваний зразок піни 9 після вхідної щілини, то за сигналом приймачів фотометричного кулі можна визначити коефіцієнт пропускання зразка, а якщо помістити зразок піни 10 в вікно фотометричного кулі, то за сигналом приймачів можна визначити коефіцієнт відбиття R зразка піни.

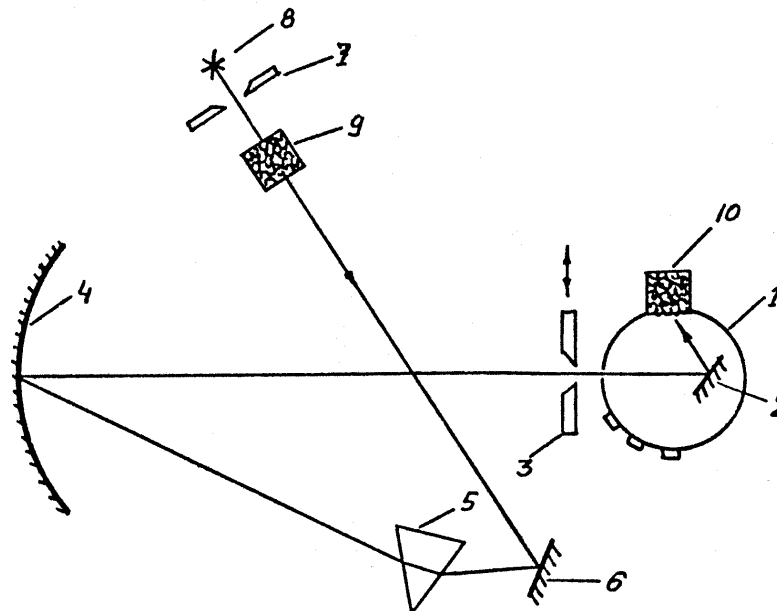


Рис. 1. Оптична схема вимірювальної установки

Коефіцієнт відбиття R зразка визначається за формулою

$$R = n_x - n_0 / n_{100} - n_0 \quad (1)$$

Де n_x - величина сигналу, отримана при відбитті падаючого пучка світла від зразка піни, розміщеного у вікні фотометричного кулі; n_{100} - величина сигналу, що отримується при падінні пучка світла всередину кулі; n_0 - величина сигналу, що отримується в разі виходу пучка світла через вікно з кулі.

Пересуваючи вихідну щілину 3 по розгорнутому в просторі спектру випромінювання, проводилися вимірювання для кожної довжини хвилі необхідних величин для визначення спектральних коефіцієнтів пропускання T_λ і відбиття R_λ досліджуваних зразків піни (де $n_{ш}$ - пучок світла перекритий шторкою).

$$T_\lambda = \frac{n_{1\lambda} - n_\emptyset}{n_{2\lambda} - n_\emptyset} \quad (2)$$

$$R_\lambda = \frac{n_{x\lambda} - n_{0\lambda}}{n_{100\lambda} - n_{0\lambda}} \quad (3)$$

У таблиці 1 відображені дані експериментальних досліджень спектральних коефіцієнтів пропускання T_λ і спектральних коефіцієнтів відбиття R_λ водних пінних структур виміряних на фіксованих довжинах хвиль УФ, видимого та ІЧ діапазонів.

Спектральні коефіцієнти пропускання і відбиття ПС

Таблиця 1

λ , нм	340	390	440	490	770	1050	1550	2000	2400
T_λ	0,24	0,3	0,35	0,36	0,46	0,45	0,12	0,05	0,15
R_λ	0,075	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,1	0,08	0,11

Досліджувалися пінні структури, утворені повітряно-механічним способом з 25% водного розчину алкілсульфату. Кратність піни - 50, середній діаметр бульбашки 1 мм, товщина зразка піни 16 мм.

[1] Катюк А.Ф. Введение в технику измерений оптико-физических параметров световодных систем.-М.:Радио и связь,1987.-188 с.

RESEARCH OF REFLECTION AND ABSORPTION CHARACTERISTICS BY THE FOAM SAMPLES IN OPTICAL RANGE

V. Dmytriev, L. Filins'kyi, V. Magro

Oles Honchar Dnipro National University

leonidfil2016@gmail.com

The results of measurements of the spectral characteristics of transmittance and reflection of foam structures in the ultraviolet (UV), visible and infrared (IR) bands are presented in this paper.

КОМП'ЮТЕРНА ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СТРИЖНЕВОЇ АНТЕНИ ДЛЯ ЗАДАЧ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ІНТРОСКОПІЇ

В. Карпов, М. Андрєєв

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

vladik.karpov97@gmail.com

Діелектричні стрижневі антени належать до антен біжучої хвилі з уповільненою фазовою швидкістю і мають широке застосування на межі сантиметрового і дециметрового діапазонів хвиль в смузі частот від 2 до 12 ГГц [1-3]. Перевагою діелектричних стрижневих антен є простота конструкції і малі поперечні розміри. Як і у всіх антен типу біжучої хвилі з уповільненою фазовою швидкістю, їх особливістю є те, що звуження діаграми спрямованості відбувається за рахунок збільшення не поперечних розмірів антени, а поздовжніх розмірів при малому поперечному. Ця особливість визначає їх застосування, зокрема, в авіаційних радіотехнічних пристроях. Проектування діелектричної стрижневої антени та оптимізація її характеристик є також нагальною задачею для задач мікрохвильової інтроскопії, де її практичне використання може бути досить перспективним, особливо при вимірюванні внесеного коефіцієнта відбиття.

Розглядалась можливість комп'ютерної оптимізації характеристик діелектричної стрижневої антени, зокрема задача зменшення коефіцієнта відбиття у широкій смузі робочих частот. Для виконання комп'ютерної оптимізації характеристик антени було обране програмне середовище HFSS, в якому була створена модель конструкції діелектричної стрижневої антени. Розглядався варіант конструкції, в якому для ефективного збудження стрижнева антена поєднувалася з круглим хвильоводом.

В якості вузла збудження досліджуваної конструкції розглядався коаксіально-хвильоводний перехід. Перед проведенням оптимізації характеристик стрижневої антени була виконана оптимізація параметрів вузла збудження з метою забезпечення максимально можливого коефіцієнта передачі в робочій смузі частот. За рахунок підбору оптимального розташування місця під'єднання коаксіального хвильоводу та довжини збуджувача були отримані оптимальні характеристики вузла збудження, при яких коефіцієнт відбиття знижується майже до нульового рівня, а коефіцієнт передачі наближується до одиниці.

Для оптимізації була обрана конструкція діелектричної стрижневої антени у вигляді циліндру з діелектрика, який на обох кінцях закінчується конусами. На випромінюючому кінці конус може бути усічений. В результаті проведених досліджень було встановлено, що найбільш оптимальні розміри діаграми спрямованості мають місце при довжині діелектричного стрижня $2-3\lambda$, де λ – довжина хвилі. Було встановлено, що для зменшення коефіцієнту відбиття від початку стрижня необхідно застосовувати узгоджувальний конус з довжиною $0.9-1.05\lambda$. Для зменшення відбиття від випромінюючого кінця стрижня його необхідно закінчувати усіченим конусом, довжина якого повинна складати $0.8-0.95\lambda$, а радіус зрізаної частини повинен складати $0.1-0.2\lambda$. При використанні цих оптимальних параметрів коефіцієнт відбиття від антени в діапазоні 8.5-10 ГГц не перевищував 0.1 (рис.1).

Була виконана комп'ютерна оптимізація форми діелектричної стрижневої антени. Було показано, що використання стрижня оживальної форми дає змогу ще більше зменшити ширину головної пелюстки діаграму спрямованості. При цьому для отримання оптимального вигляду діаграми спрямованості необхідно зміщувати найбільш широкую частину діелектричного стрижня від кінця круглого хвильоводу на $0.1-0.2\lambda$.

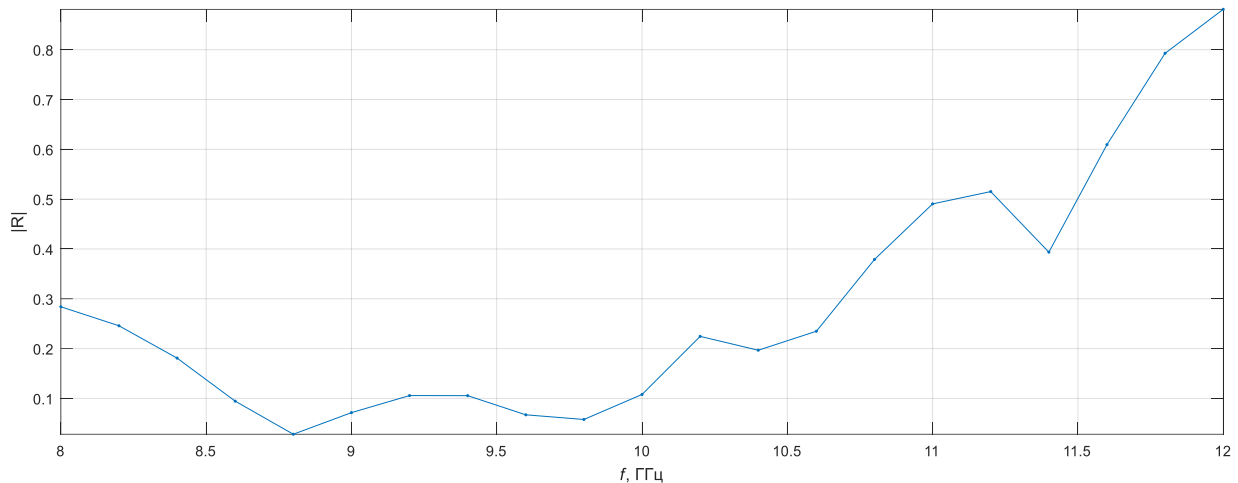


Рисунок 1 - Коефіцієнт відбиття від антени в діапазоні 8.5-10 ГГц

В результаті проведених досліджень було встановлено, що використання програмного середовища HFSS дає змогу обчислювальним шляхом оптимізувати характеристики діелектричної стрижневої антени заданої конструкції та будь-якої довільної форми. В результаті такої оптимізації були отримані параметри діелектричної стрижневої антени, які дають змогу знизити коефіцієнт відбиття до рівня 0.1 в досить широкій смузі частот, що значно підвищує ефективність використання цієї конструкції для задач мікрохвильової інтроскопії.

- [1] Сазонов, Д.М. Антенны и устройства СВЧ [Текст] / Д.М. Сазонов. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с.
- [2] Антени НВЧ. Посібник до вивчення курсу "Антено-фідерні пристрої" [Текст] / М. В. Андреев [та ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2008. – 70 с.
- [3] Антенны. Том 2. Ротхаммель К., Кришке А: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс. – 416с., 2011.

COMPUTER OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS OF A DIELECTRIC ROD ANTENNA FOR MICROWAVE INTROSCOPY PROBLEMS

V. Karpov, M. Andreev

*Oles Honchar Dnipro National University
vladik.karpov97@gmail.com*

Computer optimization of the characteristics of a dielectric rod antenna operating in the frequency range 8 to 12 GHz is considered. It was shown that the use of the HFSS software environment allows the computational manner to optimize the characteristics of a dielectric rod antenna of a given design and of any arbitrary shape. Optimal dielectric rod antenna parameters were obtained using which the reflection coefficient in the operating frequency band did not exceed 0.1. The advantage of ogive form of the dielectric rod antenna has been shown. The optimized design of the dielectric rod antenna makes it possible to increase the efficiency of solving microwave introscopy problems.

ГАУСОВА АПРОКСИМАЦІЯ ПРОФІЛЮ ВКР ПІДСИЛЕННЯ У ВОЛОКНІ З КОМПЕНСОВАНОЮ ДИСПЕРСІЄЮ

Я. Крутін, А. Корчак, М. Рєзніков, Г. Фелінський

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

yakov.krutin@gmail.com

Оптичне волокно з компенсованою дисперсією (DCF волокно) було розроблене для статичного придушення дисперсії і є основним компонентом, який забезпечує багаторазове збільшення дальності передачі інформації. Одночасно виявилось, що це волокно має значно вищий коефіцієнт підсилення при вимушеному комбінаційному розсіянні (ВКР), та є ефективним робочим середовищем для волоконних ВКР підсилювачів (ВКРП) світла [1]. Однак профіль ВКР підсилення у DCF волокні експериментально спостерігається [2] як дуже складний і нерегулярний континуум. Тому для проектування ВКРП, особливо з конфігурацією декількох накачок, потрібні спеціальні методи аналітичного опису та обробки профілів ВКР. Спектроскопічна техніка багатомодової декомпозиції була запропонована в [3] для аналізу профілів ВКР в кількох інших типах волокон. В нашій роботі представлено результати гаусової апроксимації профілю ВКР підсилення $g_R(\omega)$ у DCF волокні.

Формування гаусової форми окремої лінії ВКР підсилення обґрунтовується аморфністю матеріалу серцевини досліджуваного DCF волокна, яка викликає суперпозицію великої кількості вузьких спектральних максимумів з нормальним розподілом випадкових значень частот для локальних коливних мод [3]. Тому:

$$g_R(\omega) = g_{Rmax} \cdot \sum_{i=1}^{N_m} A_i \exp \left[-\frac{(\omega - \omega_{v,i})^2}{\Gamma_i^2} \right] = g_{Rmax} \cdot \varphi(\omega), \quad (1)$$

де $\varphi(\omega)$ – аналітична функція від частоти ω , яка є нормованим профілем ВКР підсилення, g_{Rmax} – максимальне значення коефіцієнта ВКР підсилення; N_m – кількість компонент; A_i та $\omega_{v,i}$ – відповідно амплітуда та центральна частота i -ої гауссової компоненти, $\Gamma_i = \Delta\omega_i / (2\sqrt{\ln 2}) \approx 0,6\Delta\omega_i$, де $\Delta\omega_i$ – повна ширина на половині від максимуму для i -ого гауссового профілю, яку звичайно використовують у спектроскопії.

Таблиця 1. Результати декомпозиції профілю підсилення $\varphi(\omega)$ у DCF волокні [$g_{Rmax} = 3,1$ (Вт·км)⁻¹]

№ моди	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈
A_i	0,064	0,155	0,241	0,594	0,579	0,095	0,173	0,170
ω_i , см ⁻¹	55	100	203	378	460	489	585	672
Γ_i , см ⁻¹	27	59	108	117	79	23	40	111

У табл. 1 представлено числові значення параметрів, що є результатом гаусової декомпозиції профілю $\varphi(\omega)$ на Стоксовому зсуві від 20 см⁻¹ (0,6 ТГц) до 800 см⁻¹ (24 ТГц) використовуючи 8 мод. Гаусову апроксимацію профілю ВКР підсилення показано на рис. 1, а суцільною лінією, а точкам дискретизації експериментального спектру [2] відповідає пунктирна лінія. Всі 8 гаусових коливних мод зображено на рис. 1, б суцільними лініями, а їх результуюча обвідна подана пунктирною лінією.

Таким чином, для спектральної області підсилення від 25 до 750 см⁻¹ отримано оптимальний набір параметрів, що містить $N_m = 8$ коливних мод для DCF волокна.

Про достатню точність апроксимації свідчить відносне відхилення $\Delta I/I_0$, що обчислювалось для даного типу волокна на області інтегрування від 25 см^{-1} до 750 см^{-1} та становить $\Delta I/I_0 = 2,0 \times 10^{-5}$.

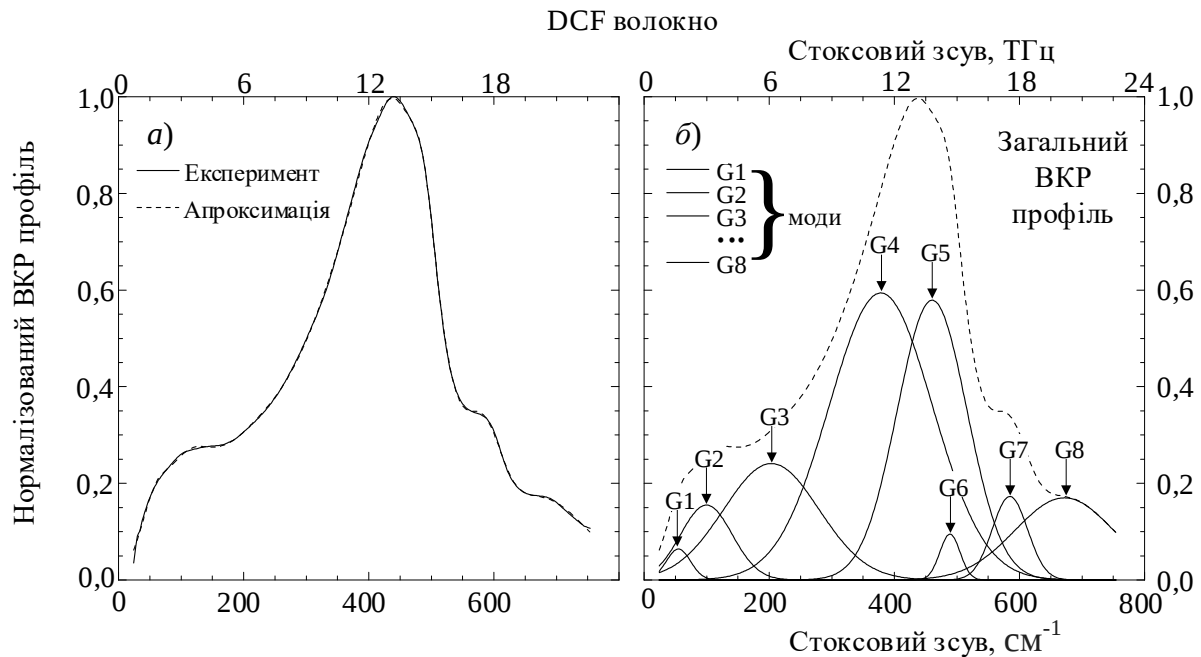


Рис. 1. Апроксимація профілю ВКР підсилення в DCF волокні з використанням 8 гаусових компонент для області Стоксового зсуву від 0 до 800 см^{-1}

Отже, в результаті отримано майже точне наближення профілю ВКР підсилення в аналітичній формі для DCF волокна з робочим діапазоном частот до 20 ТГц.

- [1] Григорук В. І., Загородній В. В., Іванчук А. В. та ін. Взаємодія фізичних полів з наноструктурованими матеріалами. Розд. 2. Волоконні ВКР лазери та підсилювачі оптичного випромінювання: монографія Київ: Каравела, 2018. С. 62–128.
- [2] J. Bromage, K. Rottwitt, and M. E. Lines, "A method to predict the Raman gain spectra of germanosilicate fibers with arbitrary index profiles," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 14, pp. 24–26, 2002.
- [3] Сердега І. В., Григорук В. І., Фелінський Г. С. Спектроскопічні особливості профілів ВКР підсилення в одномодових волокнах на основі кварцового скла. Український фізичний журнал. 2018. Т. 63, № 8, С. 681–699.

GAUSSIAN DECOMPOSITION OF RAMAN GAIN PROFILE IN DCF FIBER

Y. Krutin, A. Korchak, M. Reznikov, G. Felinskyi

Taras Shevchenko National University of Kyiv
yakov.krutin@gmail.com

Modeling results for 8 modes Gaussian decomposition of Raman gain profile in DCF telecommunication fiber are presented in our paper. It is shown the almost exact approximation of the Raman gain profile can be obtained in analytical form for the DCF fiber over the working bandwidth up to 20 THz.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

І. Гомілко^{1,2}, О. Сегеда^{1,2}, М. Фесенко^{2,3}, В. Міщенко^{1,2}

¹ Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

² Noosphere Engineering School, Dnipro

³ Інститут транспортних систем та технологій НАНУ
gomilko@ukr.net

Незважаючи на певний спад виробництва в Україні, забруднення атмосферного повітря великих міст і промислових населених пунктів залишається стабільно високим. Основними забруднювачами атмосферного повітря є підприємства добувної і переробної промисловості, енергетичні компанії, а також транспорт.

Слід зазначити, що в різних країнах для оцінки якості атмосферного повітря використовують різний набір шкідливих речовин. Нами було обрано наступні речовини, шкідливий фактор яких не викликає ніяких сумнівів:

- NO₂ – діоксид азоту;
- O₃ – озон;
- SO₂ – діоксид сірки
- CO – монооксид вуглецю, або угарний газ;
- NH₃ – аміак;
- PM2.5 – дрібні тверді частки розміром до 2.5 мкм;
- PM10 – дрібні тверді частки розміром до 10 мкм.

Авторами запропонована система автоматичного вимірювання якості атмосферного повітря, яка значно дешевше існуючих аналогів. Структурна діаграма розробленої системи наведена на рис. 1.

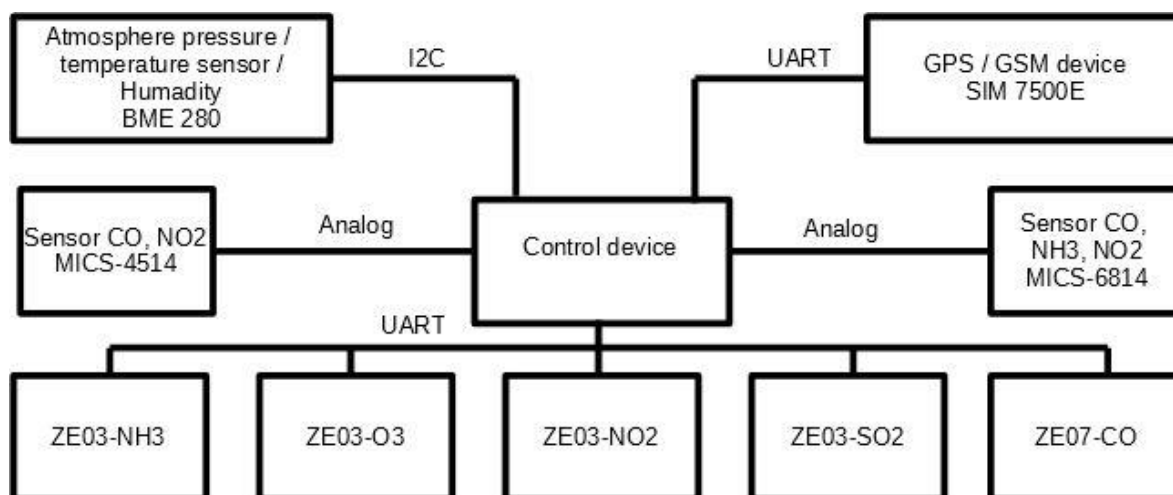


Рис. 1. Структурна діаграма розробленої системи.

В якості вимірювальних елементів в системі використовувались електрохімічні датчики фірми Winsen, які при проведенні лабораторних обстежень зарекомендували себе з найкращого боку. Температура, вологість та тиск вимірюються за допомогою MEMS

датчика BME280. Крім електрохімічних використовуються також напівпровідникові датчики MICS-4515 та MICS-6814. Ядром вимірювальної системи є сучасний ARM мікроконтролер STM32F1013. Отримані дані зберігаються на SD карту та надсилаються до хмарного сховища за допомогою GSM зв'язку для подальшої обробки.

Діапазон та точність вимірювання наведенні у табл. 1.

Таблиця 1 Параметри, які вимірюються створеною системою.

Параметр	Діапазон	Точність	Одиниця виміру
Температура	-40 ... 85	0,5	°C
Вологість	0 ... 100	3	%
Тиск	0.3 ... 1100	1	кПа
Вміст PM2.5	0 ... 500	1	мкг/м ³
Вміст PM10	0 ... 500	1	мкг/м ³
Вміст SO ₂	0 ... 20	0,1	ppm
Вміст CO	0 ... 500	0,1	ppm
Вміст NO ₂	0 ... 20	0,1	ppm
Вміст O ₃	0 ... 20	0,1	ppm
Вміст NH ₃	0 ... 100	1	ppm

* Для вимірювання вмісту газових складових використовуються електрохімічні датчики термін служби яких складає 2 роки.

Живлення пристрою відбувається від постійної напруги 12 В, але можливе використання адаптера ~220 В = 12 В. Також в пристрій вбудований акумулятор, який забезпечить працездатність пристрою при відсутності зовнішнього живлення на час не менший ніж 8 годин. Слід також зазначити, що розроблений пристрій відповідає ступеню захисту IP53, що дозволяє використовувати його на відкритому просторі.

Апробація роботи розробленої системи показала, що пристрій відповідає усім заявленим вимогам та не поступається ніяким іншим аналогічним пристроям маючи при цьому значно нижчу ціну.

DEVELOPMENT OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY SYSTEM

I. Gomilko^{1,2}, O. Segeda^{1,2}, M. Fesenko^{2,3}, V. Mishchenko^{1,2}

¹ Oles Honchar Dnipro National University

² Noosphere Engineering School, Dnipro

³ Institute of Transport Systems and Technologies of NAS of Ukraine
gomilko@ukr.net

An air quality assessment system has been developed. The developed system determines the presence of the following harmful inclusions: NO₂, O₃, CO, SO₂, NH₃, PM2.5, PM10. In addition, the system measures temperature, humidity and pressure. Electrochemical sensors were used as the main measuring elements.

Testing of the developed system showed that the device meets all the stated requirements and is not inferior to any other similar devices.

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ ДАНИХ В РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

І. Чекалін, Д. Салтиков

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
slavutich11.96@gmail.com*

Метою даної роботи була розробка інформаційно-аналітичної системи на основі досліджених властивостей стеганографічних контейнерів та розроблених алгоритмів їх пошуку та створення програмного забезпечення для виявлення наявності стеганографічних даних в растрових зображеннях. Актуальність роботи визначається тим, що стеганографія може використовуватися зловмисниками для безпечної передачі секретних даних, які в результаті можуть виявитися небезпечними для суспільства [1]. Найпростішим способом для передачі таких даних є приховування їх у растрових зображеннях.

Було проведено аналіз сучасних стеганографічних алгоритмів та методів виявлення стеганографічних даних у растрових зображеннях, здійснено аналіз статистичного розподілу бітів у зображеннях, що містять стеганографічні дані, виявлено їхні характерні риси, які можуть бути використані для побудови алгоритму виявлення стеганографічних даних.

Було розроблено алгоритм та інформаційно-аналітична система для виявлення можливої наявності стеганографічних даних у растрових зображеннях. Створене програмне забезпечення мовою програмування C++, яка має достатній функціонал для реалізації запропонованого алгоритму. Проведено тестування розробленого програмного забезпечення. Розроблена інформаційна система дозволяє виявляти приховане повідомлення англійською мовою в растрових 24-х бітних зображеннях BMP-формату, визначати ймовірність наявності стеганографічних даних у діапазоні від 0 до 100%.

Додаткова цінність розробленої системи полягає в тому, що створене в її рамках програмне забезпечення може бути використане для виявлення потенційних загроз різної природи. Запропонований алгоритм може бути адаптований для роботи з іншими видами стеганографічних контейнерів, наприклад, аудіофайлами та відеофайлами.

[1] Быков С. Ф., Мотуз О. В. Основы стегоанализа. Защита информации. Конфидент. Вып. 3. (2000). С. 38-41.

INFORMATION-ANALYTICAL DETECTION SYSTEM STEGANOGRAPHIC DATA IN RASTER IMAGES

I. Chekalin, D. Saltykov

*Oles Honchar Dnipro National University
slavutich11.96@gmail.com*

The paper is devoted to the identification of steganographic data in raster images. An algorithm and an information-analytical system for detecting of steganographic data in raster images were developed. Software in C ++ was created. The developed information system allows to detect the hidden message in English in 24-bit BMP-format images, and to determine the probability of steganographic data in the range from 0 to 100%.

АНАЛІЗ ПРОЦЕДУРИ ХЕНДОВЕРУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ 4-ГО ПОКОЛІННЯ

Д. Свинаренко, А. Щербаченко

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
svynarenko_dnu@ukr.net, anastasya.sherbashenko@gmail.com

Однією з основних завдань мереж 4-го покоління, як і будь-якої бездротової системи зв'язку, є забезпечення швидкої і безперебійної передачі обслуговування від однієї базової станції до іншої. Без процедури хендверу кінцевий користувач не зможе отримувати послуги мережі стільникового зв'язку безперервно без розриву з'єднання [1].

Динамічна корекція параметрів мобільності спрямована на скорочення кількості неуспішних спроб передачі обслуговування, на більш раціональне використання ресурсів управління за рахунок скорочення числа часто повторюваних перемикань між двома базовими станціями ('ping-pong' ефект). В існуючих мережах мобільного зв'язку оптимізація хендверу виконується протягом тривалого часу (дні, тижні). Такий підхід не є цілком прийнятним, оскільки оптимізація повинна виконуватися набагато частіше і швидше. Використання оптимізаційного алгоритму дозволить поліпшити ключові характеристики продуктивності мережі і якість обслуговування абонентів.

Основне призначення хендверу - забезпечення рухливості абонентів в мобільних мережах під час обслуговування виклику і підтримка хорошої якості зв'язку при переміщенні.

Ефективність процедури хендверу має великий вплив на ключові показники ефективності мережі, такі як:

- доступність зв'язку (доступність встановлення з'єднання) – ймовірність встановлення з'єднання;
- показник безперервності зв'язку - відсутність передчасного роз'єднання встановленого з'єднання між двома абонентами з причин, що не залежать від них;
- пропускна здатність мережі.

Під оптимізацією процедури передачі обслуговування (хендверу) розуміється динамічна корекція параметрів мобільності на основі статистичної інформації про помилки. Основні параметри, що впливають на ефективність процедури хендверу: Hyst, Offset, Time to Trigger [2,3]. Таким чином основним завданням оптимізації є визначення оптимальних параметрів мережі стільникового зв'язку.

В ході роботи було розроблено імітаційну модель, максимально наближену до реальних умов роботи системи LTE, де були враховані переваги і недоліки вже наявних моделей.

Імітаційна модель, дозволяє оцінити ключові показники ефективності процедури передачі обслуговування між базовими станціями системи LTE при різних параметрах системи.

За допомогою імітаційної моделі отримані графіки залежності пропускної здатності стільника, числа невдалих ранніх і пізніх хендверів а також ймовірність занадто частої передачі обслуговування між базовими станціями в залежності від параметрів, встановлених в стільнику (Hyst, Offset, Time to Trigger). На основі отриманих даних визначені оптимальні параметри.

Для розробки моделі була обрано середовище Matlab.

Розроблена імітаційна модель, дозволяє оцінити ключові показники ефективності процедури передачі обслуговування між базовими станціями системи LTE при різних параметрах системи.

- [1] С. Н. Моисеев Алгоритм хендвера в сети Mobile WiMAX [Текст] / Моисеев С. Н., Филин С. А., Кондаков М. С. // Цифровая обработка сигналов. - 2009. - N 1. - С. 4852
- [2] Sujuan F., Eiko S. Self-Organizing Networks (SON) in 3GPP Long Term Evolution, Sujuan Feng, Eiko Seidel, Nomor Research GmbH, Munich, Germany, May 2008.
- [3] Завьялова Д. В., Андреев А. В. Оптимизация процедуры передачи обслуживания (Handover) в сетях сотовой связи 4-го поколения LTE // Российская научно-техническая конференция аспирантов и молодых ученых: «Перспективные информационные и телекоммуникационные технологии», посвященная 20-летию СО МАИ / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2016.

ANALYSIS OF THE HANDOVER PROCEDURE IN THE FOURTH GENERATION TELECOMMUNICATION NETWORKS

D. Svynarenko, A. Shcherbachenko

Oles Honchar Dnipro National University

svynarenko_dnu@ukr.net, anastasya.sherbashenko@gmail.com

A simulation model that allows to evaluate key performance indicators of the handover procedure between LTE base stations under different system parameters was developed.

Using the simulation model were obtained graphs of the number of failed early and late handovers and the probability of too frequent handover between base stations, depending on the parameters set in the cell Hyst, Offset, Time to Trigger. Based on the obtained data, optimal parameters were determined.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЦЕВОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ З ВІДКРИТИХ КІНЦІВ ХВИЛЕВОДІВ

С. Атаманов, В. Магро

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Sler4atamanov@gmail.com

Хвилевідні антенні решітки у вигляді відкритих кінців хвилеводів кінченної довжини широко застосовуються у навігації, зв'язку та різних галузях, але останнім часом з розвитком мобільного зв'язку четвертого покоління виникла потреба в створенні випромінювачів, які формують вузький промінь. Цим вузьким променем базова станція супроводжує рухомого абонента. Це пов'язано з тим, що були створені швидкі цифрові фазообертачі, що дозволяють швидко змінювати фазовий зсув між хвилеводами і, як наслідок, відбувається швидке сканування променя у просторі. Тому для супроводження рухомого абонента в межах сектору обслуговування базової станції існує потреба в створенні компактних ефективних випромінювачів, що задовольняють перелічені вище вимоги.

В роботі розглянута кінцева антенна решітка з відкритих кінців хвильоводів. Для сканування (переміщення променів у просторі) на сусідні хвильоводи подається сигнал з певним зсувом фази. Хвильоводи оточені металевим екраном кінцевої довжини. Товщина суміжної стінки між хвильоводами має кінцеві розміри.

Побудована електродинамічна модель кінцевої антенної решітки з п'яти елементів (рис. 1). При роботі антенної решітки негативним фактором є засліплення антенної решітки, тобто випадки, коли при певному зсуві фаз майже вся потужність, яка підводиться до апертури решітки повертається в зворотному напрямку. Це може негативно позначитись на роботі вузлів, що утворюють антенну решітку.

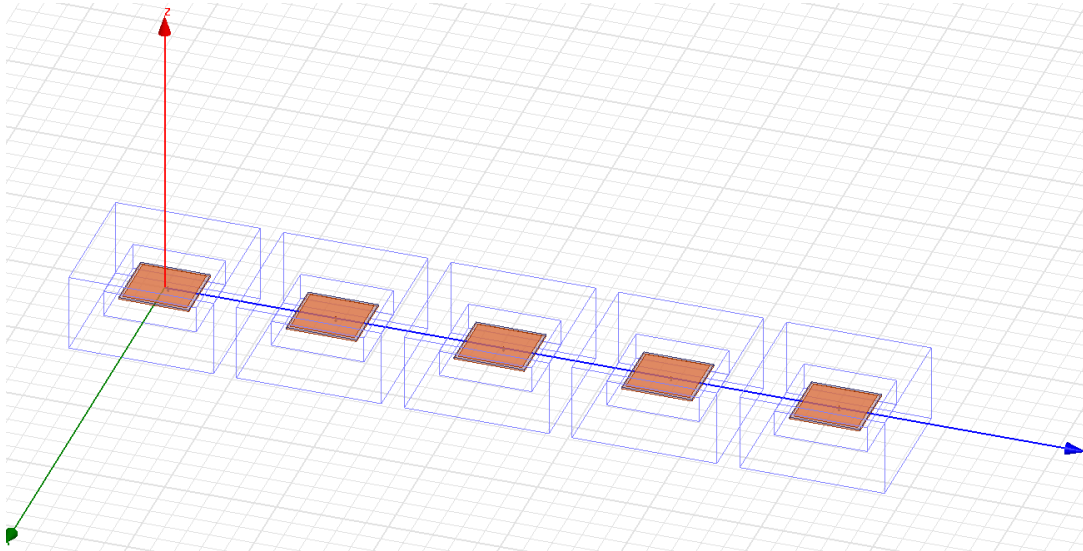


Рис. 1

Досліджено залежність коефіцієнта відбиття R_{10} від фазового зсуву між хвильоводами. Встановлені кути сканування (фазові зсуви), при яких відбувається збільшення величини коефіцієнту відбиття R_{10} . Показано, що вибором геометричних розмірів хвильоводу та товщини суміжної стінки між хвильоводами можна значно зменшити величину коефіцієнта відбиття, тобто запобігти явищу осліплення антенної решітки.

- [1] Balanis C.A., Antenna theory: analysis and design New York: Wiley. (1992). 941 p.
- [2] Balanis C.A., Introduction to Smart Antennas. Arizona. (2007). 23 p.

INVESTIGATION FINITE ANTENNA ARRAY WITH OPEN END OF WAVEGUIDE

S. Atamanov, V. Magro

*Oles Honchar Dnipro National University
Sler4atamanov@gmail.com*

The dependence of the reflection coefficient R_{10} on the phase shift between the waveguides is investigated. Set scan angles (phase shifts) at which the magnitude of the reflection coefficient R_{10} increases. It is shown that the choice of the geometric dimensions of the waveguide and the thickness of the adjacent wall between the waveguides can significantly reduce the magnitude of the reflection coefficient, that is, to prevent the phenomenon of the blindness of the antenna array.

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ

М. Бігун, А. Євчик

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
maxbigun33@gmail.com*

В Україні за останнє десятиріччя стрімко збільшилася кількість офісних установ. Результати проведених еколого-гігієнічних досліджень офісних приміщень свідчать про те, що параметри мікроклімату часто не відповідають чинному санітарному законодавству.[1]

Було поставлено завдання розробити методи екологічного аудиту за допомогою засобів автоматизації, та подальшого підключення готового приладу до системи «Розумний дім». Для виконання завдання було обрано мікроконтролер Arduino, так як він простий в налаштуванні, програмуванні та підключенні зовнішніх модулів для екологічного аудиту.[2]

Підбір датчиків відбувався на основі аналізу існуючих модулів, їх точності вимірювання, ціни та зовнішніх габаритів. В пристрої використовуються наступні датчики:

- датчик вологості та температури DHT11;
- датчик інтенсивності світла BH1750;
- датчик тиску BMP180.

На рисунку 1 зображено схему з'єднання компонентів системи дистанційного моніторингу мікроклімату

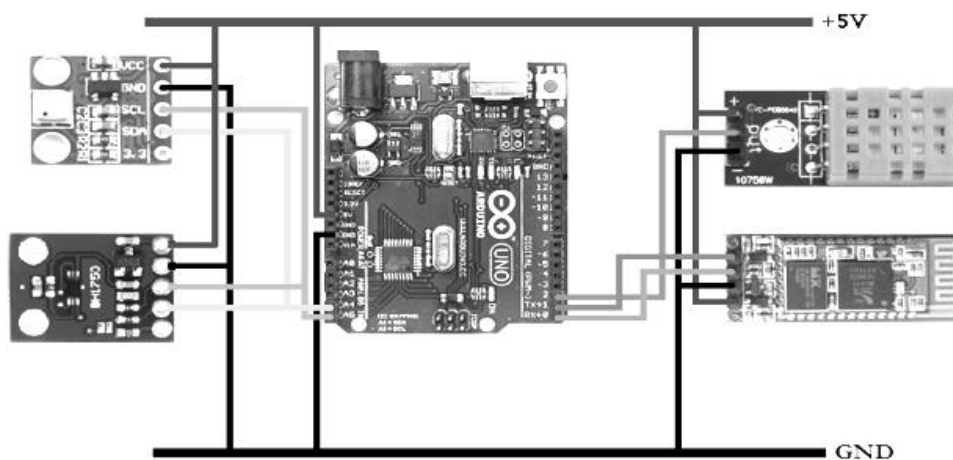


Рисунок 1 – Схема з'єднання компонентів системи дистанційного моніторингу мікроклімату

На зображенні ми бачимо Bluetooth-модуль, платформу Arduino та три датчика, що вимірюють: тиск, температуру, вологість повітря та рівень освітлення.

На першому етапі проводилась перевірка підключення до програми Bluetooth terminal та з'єднання смартфона з пристроєм-приймачем. На другому етапі перевірка проводилася на відкритій ділянці. Третій етап відбувався в приміщенні з різною кількістю перешкод.

Останнім етапом тестування було отримання показників мікроклімату в різних приміщеннях навчального корпусу, з подальшим їх порівнянням один з одним. Загалом було зроблено чотири заміри в різних приміщеннях які вказані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Дані вимірювань пристроєм

Тип приміщення	Температура °C	Вологість %	Атмосферний тиск мм.рт.ст.	Освітленість Лк
Лекційна аудиторія	25,82	33	747,31	1609
Лабораторний кабінет	27,54	34	747,50	110
Коридор	27,38	31	747,48	3
Кабінет	27,26	36	747,46	214

За час випробування розроблений пристрій надійно виконував свої задачі: швидка комунікація з керуючим пристроєм (смартфон), відповідність максимальної відстані зв'язку з керуючим пристроєм до заявлених характеристик. Отримані дані були в межах похибки вказаних у паспортних даних датчиків.

- [1] Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042 -99 [Чинний від 1999-12-01]. –К., Мінрегіонбуд України, 1999. - 9с.
- [2] Никулин Сергей Классификация датчиков, основные требования к ним [Електронний ресурс] / Сергей Никулин // Электротехническая энциклопедия #16. Датчики / Режим доступа: http://electrolibrary.info/subscribe/sub_16_datchiki.html

MICROCLIMATE REMOTE MONITORING SYSTEM

M. Bihun, A. Yevchik

*Oles Honchar Dnipro National University
maxbigun33@gmail.com*

The article deals with the microclimate monitoring device. The device was designed, constructed and a number of tests were conducted. The data obtained were within the error of the sensors specified in the passport data.

СТВОРЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОЧУТЛИВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕНСОРІВ

Д. Савченко, І. Гомілко, О. Ляшков

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
sava777cool@gmail.com*

Газочутливі властивості метал оксидних напівпровідникових матеріалів визначаються комплексом різних адсорбційно-десорбційних процесів на їх поверхні. Кожен з них вносить свій внесок у зміну провідності чутливого елемента сенсора, характеризується власною кінетикою і протікає по-різному в різних інтервалах температур.

Основними газочутливими характеристиками є:

- температурна залежність відгуку до аналізованих газів при постійній концентрації адсорбита;
- залежність відгуку від концентрації адсорбита при постійній температурі (газочутливі);
- кінетика відгуку при зміні навколишній сенсор атмосфери і постійній температурі адсорбенту.

Виходячи з вище описаних особливостей які супроводжують процес детектування газів була створена вимірювальна установка і методика вимірювань деталі якої викладені нижче.

При дослідженнях газочутливі властивостей датчиків в ізолювану вимірювальну камеру об'ємом 19 дм³ вводили необхідну кількість газу, який створював потрібну концентрацію в повітрі. Температура зразка або, в залежності від необхідності, навколишнього середовища могла фіксуватися за допомогою мініатюрної хромель-копелеві термопар. У вимірювальній камері також містився мініатюрний вентилятор для створення ізотропності газової суміші. Відгук визначався як R_s / R_o , де R_s - опір датчика в середовищі що містить адсорбіт, R_o - на повітрі.

Вимірювальна схема базується на 32-бітному мікроконтролері STM32-F103RET6. Сигнал зі струмових резисторів поступав до вбудованого аналогово-цифрового перетворювача мікроконтролера. Надалі сигнали оцифровуються, усереднюються і передаються на USB-порт мікроконтролера. Керування відбувається з персонального комп'ютера за допомогою розробленого набору команд.

Також була розроблена програма для персонального комп'ютера за допомогою мови програмування Python, яка візуалізувала отриману інформацію.

Апробація роботи вимірювального комплексу дозволило зробити висновок о доцільності використання цього комплексу для дослідження газочутливих властивостей сенсорів різних газів.

На рис. 1 представлені результати вимірювань часових залежностей відгуку датчика 2SH-12 при впливі різних концентрацій діоксиду сірки. Виміри проводились за допомогою вимірювального комплексу.

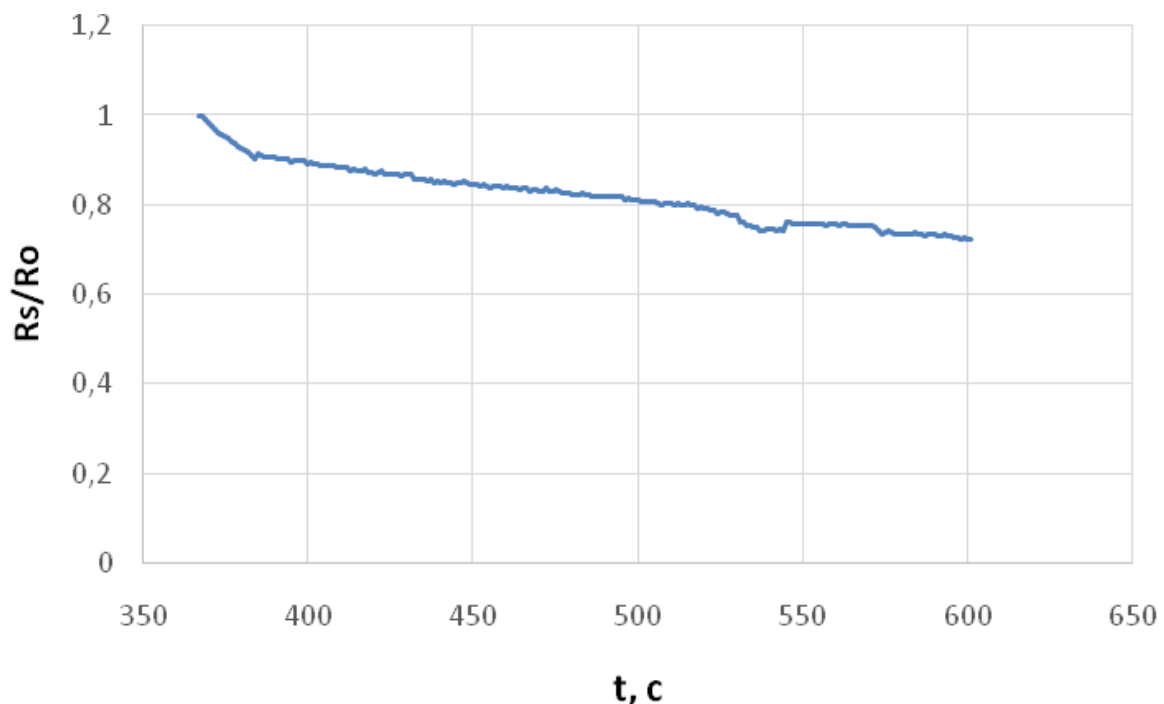


Рис.1. Залежність відгуку датчика 2SH-12 до впливу SO₂ 5,4 ppm в повітряному середовищі.

DEVELOPMENT OF THE MEASURING COMPLEX FOR THE STUDY OF THE GAS-SENSITIVE PROPERTIES OF THE SENSORS

D. Savchenko, I. Gomilko, O. Lyashkov

Oles Honchar Dnipro National University

sava777cool@gmail.com

A complex for study the gas-sensitive properties of sensors was developed. The measurement circuit is based on the 32-bit microcontroller STM32-F103RET6.

The developed complex allows to measure:

- temperature dependence of the response to the analyzed gases at a constant concentration of adsorbate;
- dependence of the response on the concentration of adsorbite at constant temperature (gas sensitive);
- the kinetics of the response when changing the ambient atmosphere sensor and the constant temperature of the adsorbent.

ДОСЛІДЖЕННЯ УЗГОДЖУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ХВИЛЕВОДНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

Р. Олексійчук, В. Магро

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

roman971945@gmail.com

В антенних решітках із відкритих кінців хвилевода при скануванні просторового променя може виникнути проблема неузгодженості вільного простору с характеристичним опором хвилеводу. Це явище називається «засліплення решітки», і виражається в тому, що майже вся випромінена потужність повертається назад у хвилевід. Тобто при цьому втрачається просторовий промінь. Решітка «не бачить просторового об'єкту». Це явище є вкрай не бажаним.

Існують різноманітні технічні прийоми для узгодження антенної решітки с вільним простором. Це може бути: діелектричні вставки в хвилеводах, діелектричне покриття над апертурою хвилевідної решітки з відкритих кінців хвилеводу, різні зміни геометричних розмірів хвилеводу. З іншого боку хвилеводні антенні решітки останнім часом, окрім використання для навігації та зондування, стали використовуватися в мобільному зв'язку четвертого покоління. В цьому випадку антенна решітка виконує функцію супроводження рухомого абонента вузьким променем. Тому застосування антенної решітки з відкритих кінців хвилеводів мобільному зв'язку має актуальне значення.

Метою роботи є чисельне дослідження узгоджуючих пристроїв хвилеводної антенної решітки шляхом математичного моделювання. В процесі дослідження побудована математична модель антенної решітки.

В роботі розглянуто узгоджувач елемента, а саме: діелектричне покриття над апертурою антенної решітки. Геометрія даної задачі показана на рис. 1.

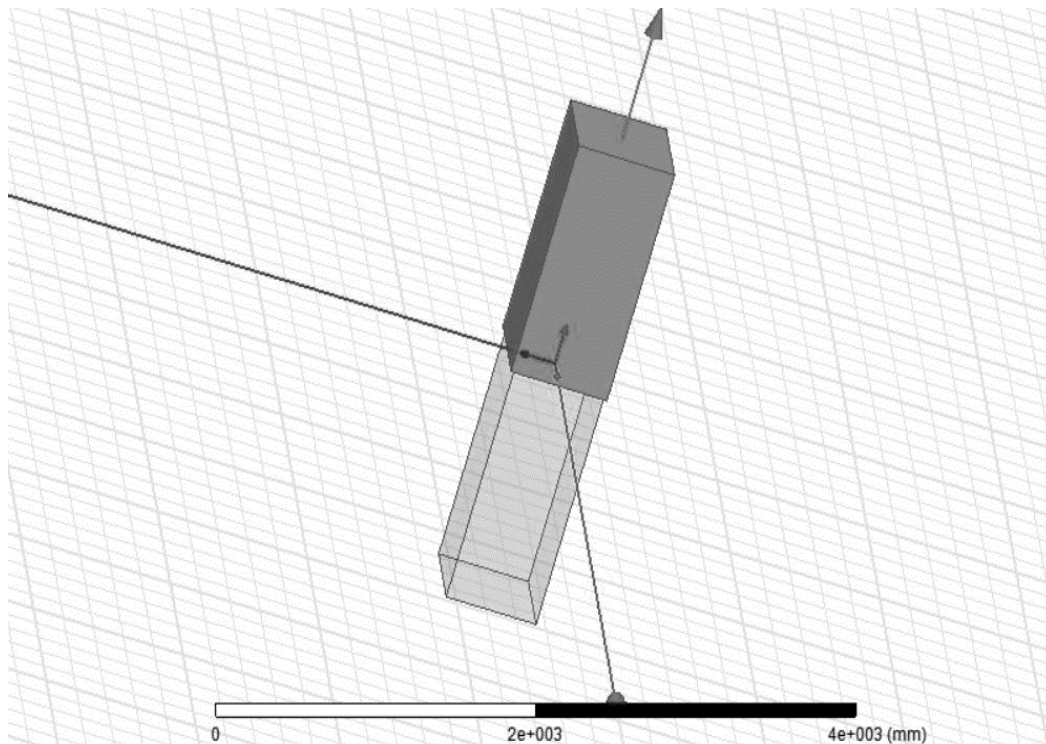


Рис. 1 – Елемент хвильовідної антенної решітки

Досліджено залежності коефіцієнта відбиття R_{01} від фазового зсуву між хвильоводами. Встановленні кути сканування при яких відбувається суттєве збільшення величини коефіцієнта відбиття. Таким чином, показано антенна решітка даної конструкції може бути застосована в системах мобільного зв'язку.

- [1] Balanis C.A. Antenna theory: analysis and design. N.Y.: John Wiley and Sons. (1992). 941 p.
- [2] Verma A. K. Modified Wolff Model for determination of resonance frequency of dielectric covered circular microstrip patch antenna. Electronics Letters. Vol. 27. (1991). P. 2234 – 2236.

INVESTIGATION OF MATCHING ELEMENTS FOR WAVEGUIDE ANTENNA ARRAY

R. Oleksiychuk, V. Magro

*Oles Honchar Dnipro National University
roman971945@gmail.com*

Computer simulation waveguide antenna array with matching elements are carried out. The paper considers a matching element, namely: a dielectric coating over the aperture of the antenna array. The dependence of the reflection coefficient R_{01} on the phase shift between the waveguides was investigated. The optimal geometric dimensions of the matched element are found.

АНАЛИЗ Е-ПЛОСКОСТНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПЯТИ ВОЛНОВОДОВ С КРУГОВОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ВСТАВКОЙ

И. Зиненко, В. Пьянков

Национальный университет “Запорожская политехника”
vppuankov@gmail.com

В различных радиотехнических устройствах на сантиметровом и миллиметровом диапазонах широко применяются мостовые и многоплечие соединения прямоугольных волноводов. Цель данной работы – показать возможности строгого электродинамического метода произведения областей (ПО) [1] для расчетов некоординатных волноводных узлов с круговыми проводящими вставками. Проведен анализ характеристик модулей элементов матрицы рассеяния пятиплечевого соединения с круговым проводящим цилиндром в центре соединительной полости (рис.1).

В регулярные части волноводов вводятся отсчетные плоскости Т-Т. По одному из волноводов к соединительной полости набегает возбуждающая волна типа H_{10} , амплитуда и фаза которой известны в плоскости Т-Т. Задача сводится к нахождению в соединительной полости компоненты u магнитного поля, которая перпендикулярна плоскости рисунка. Границу соединительной полости до плоскостей Т-Т (выделенную жирными линиями) разобьем на элементы S_i : полосы и круговой цилиндр. Пусть I_H – множество номеров полос Т-Т, совпадающих с номерами волноводов, I_P – множество номеров проводящих полос, i_C – номер кругового цилиндра, $I_R = I_H \cup I_P$, $I = I_R \cup \{i_C\}$.

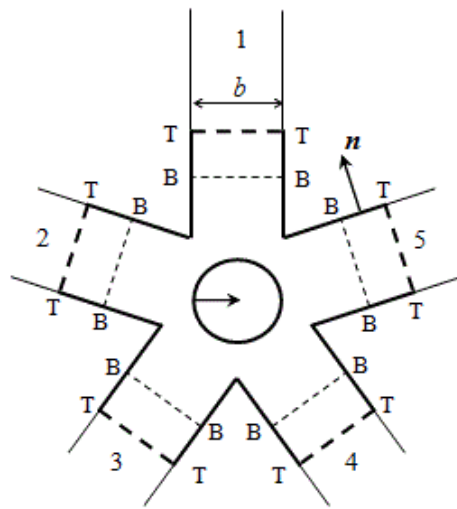


Рис. 1

Согласно методу ПО компоненту u будем искать в виде $u(r) = \sum_{i \in I} u_i(r)$, где каждая функция $u_i(r)$ удовлетворяет однородному уравнению Гельмгольца вне своего i -го элемента. Для функций $u_i(r)$ справедливы интегральные равенства

$$u_i(r) = 2 \left(\int_{S_i} \frac{\partial U_i(r')}{\partial n'} G_i(r, r') dS' - W_i(r) \right) \quad \forall r \notin S_i, i \in I_H; \quad (1)$$

$$u_i(r) = -2W_i(r) \quad \forall r \notin S_i, i \in I_P; \quad u_i(r) = -W_i(r) \quad \forall r \notin S_i, i = i_C, \quad (2)$$

где $U_i(r)$ – искомая компонента поля в регулярной части i -го волновода,

$$W_i(r) = \int_{S_i} \sum_{j \in I \setminus \{i\}} \frac{\partial u_j(r')}{\partial n'} G_i(r, r') dS', \quad \mathbf{n} - \text{нормаль, направленная согласно рис. 1, } G_i(r, r')$$

– функция Грина, удовлетворяющая однородному граничному условию Неймана на элементе S_i , представляемая в виде ряда по четным функциям Матье для $i \in I_R$ и по функциям Ханкеля для $i = i_C$. В силу непрерывности электромагнитного поля в однородной среде

$$U_i(r) = \sum_{j \in I} u_j(r) \quad \forall r \in B-B, \quad i \in I_H, \quad (3)$$

где $B-B$ – плоскость, расположенная в регулярной части i -го волновода согласно рис. 1.

Уравнения (1)-(3) образуют систему интегро-дифференциальных уравнений относительно функций $U_i(r)$, $i \in I_H$, и $u_i(r)$, $i \in I$. Функцию $U_i(r)$ ищем в виде разложения по собственным волнам волновода, $u_i(r)$ – в виде разложения по четным функциям Матье для $i \in I_R$ и по функциям Ханкеля для $i = i_C$. В результате получается бесконечная система линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов указанных разложений, которая может быть решена методом редукции.

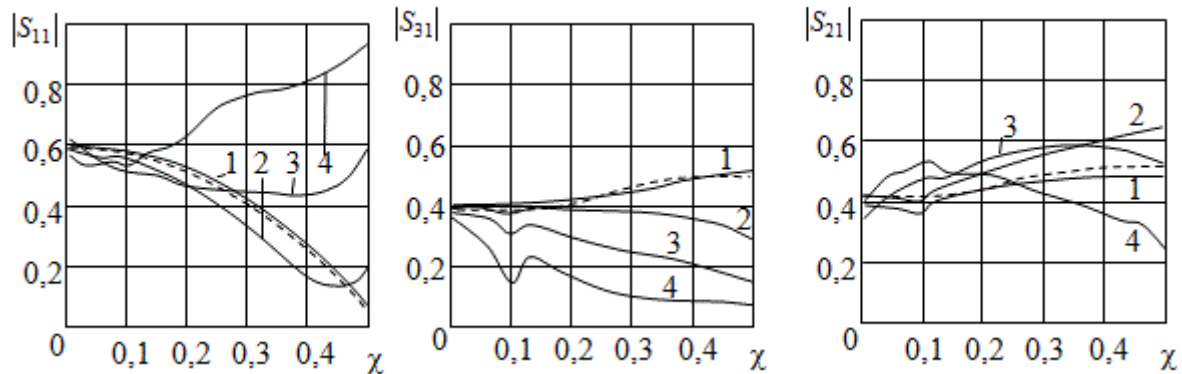


Рис. 2

На рис. 2 показаны зависимости модулей коэффициентов матрицы рассеяния S_{ik} рассматриваемого соединения от частотного параметра $\chi = bk/(2\pi)$, где $k = 2\pi\sqrt{\lambda^{-2} - (2a)^{-2}}$, a и b – размеры стенок волноводов, λ – длина волны в свободном пространстве, при различных радиусах R кругового цилиндра. Принята следующая нумерация кривых: 1 – $R = 0,1b$; 2 – $R = 0,3b$; 3 – $R = 0,5b$; 4 – $R = 0,7b$. Пунктирной линией показаны характеристики пятиплечевого соединения без кругового цилиндра. При малых радиусах R вставка практически не влияет на частотные зависимости коэффициентов отражения и прохождения (см. пунктирные линии и кривые 1). С ростом R влияние вставки на эти частотные характеристики увеличивается и значительно усиливается в конце рабочего диапазона. При $R = 0,3b$ коэффициент отражения $|S_{11}|$ меньше на большей части рабочего диапазона, а коэффициент прохождения в соседнее плечо $|S_{21}|$ больше. При этом коэффициент прохождения $|S_{31}|$ меньше на участке $0,2 < \chi < 0,5$, однако его частотная характеристика близка к постоянной за исключением промежутка в конце рабочего диапазона. При $R = 0,5b$ коэффициент прохождения $|S_{21}|$ все еще больше на большей части рабочего диапазона, а коэффициент прохождения $|S_{31}|$ меньше на всем рабочем диапазоне. При $R = 0,7b$ частотные характеристики коэффициентов отражения и прохождения еще более ухудшаются. В заключение отметим, что в частотной точке $\chi = 0,1$ происходят заметные резонансные эффекты при $R \geq 0,5b$.

- [1] Chumachenko V. P. Domain-product technique solution for the problem of electromagnetic scattering from multiangular composite cylinders. IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. 51. №10. (2003). P. 2845–2851.

ANALYSIS OF THE E-PLANE CONNECTION OF FIVE WAVEGUIDES WITH A CIRCLE CONDUCTOR INSERT

I. Zinenko, V. Pyankov

Zaporizhzhia Polytechnic National University

vppyankov@gmail.com

A strict electrodynamics method for calculating the characteristics of E-plane joints of rectangular waveguides with circular conductive inserts is considered. The graphs of coefficients of reflection and passing of a five-arm symmetrical connection for different values of a circular cylinder are presented and analyzed. It was found out that changing the radius of a circular cylinder, the values of passage and reflection coefficients practically do not change with small circular inserts radii. With insertion radii greater than $0,3b$, the coefficients of the scattering matrix vary considerably.

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДЕНИХ РЕЗОНАТОРІВ: КОМБІНАЦІЯ ВІДКРИТОГО ТА ХВИЛЕВІДНОГО РЕЗОНАТОРІВ

В. Надточий

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

nadtochy.vladislav@gmail.com

При розробці нових радіотехнічних матеріалів підсумковим етапом є вимірювання значення діелектричної проникності. Таке саме завдання виникає при дослідженні біологічних об'єктів, виробів харчової промисловості. Основною складовою останніх об'єктів є вода, яка має досить великі втрати, що обумовлює специфіку проведення вимірювань. Нові класи штучних матеріалів характеризуються від'ємним коефіцієнтом заломлення, що викликає нові вимоги до техніки вимірювання діелектричної проникності. Резонаторні методи вимірювання забезпечують найбільшу точність, але в класичному виконанні зразок має бути спеціальної форми та малим за розміром. В роботі [1] описаний комбінований резонатор, який поєднує відкритий резонатор і хвилевідний резонатор, останній може бути як круговим, так і прямокутним. Відмінною особливістю таких резонансних систем є те, що вони характеризуються розрідженим спектром резонансних частот у порівнянні з традиційними відкритими резонаторами. Це є перевагою при дослідженні електромагнітних характеристик речовин. При розміщенні зразка у хвилевідній частині відкритого резонатора точність вимірювань збільшується за рахунок збереження високого коефіцієнта зв'язку між частинами резонатору. Власно така конструкція поєднує зручність хвилевідних методів і точність резонаторних схем. Безпосередньо вимірюються значення резонансної частоти та добротності за результатами вимірювання частотної залежності коефіцієнта відбиття. Значення зсуву резонансної частоти та зміна значення добротності дозволяють судити про значення діелектричної проникності при умові проведення відповідного парювання. В роботі [1] для оцінки добротності використовується відношення

резонансної частоти до напівширини провалу характеристики, який інтерпретують як резонансну криву. Але, як було показано в [2], такий провал формується за рахунок нуля характеристики, а не полюса, який власно і описує резонансні явища. Застосування дробово-раціональної апроксимації дозволяє оцінити значення як нулів, так і полюсів (тобто значення комплексних резонансних частот, що дозволяє коректно розрахувати значення добротності).

На простій моделі такого складеного резонатора у виді сполучення відрізків двох довгих ліній були досліджені значення добротності для такої структури за двома описаними методами. Проведено порівняння підходів.

Для першої частини довжини ℓ_1 складеного резонатора вважалось, що хвильовий опір дорівнює Z_1 , для другої – Z_2 , та ℓ_2 , наявність провідного закінчення хвильовидної частини було описано імпедансом $Z_3 = 0$. Стали поширення дорівнювали γ_1 , та γ_2 . Тоді процедура розрахунку опору складеного резонатора має вид:

$$Z_{II} = Z_2 \frac{Z_3 + Z_2 \operatorname{th} \gamma_2 \ell_2}{Z_2 + Z_3 \operatorname{th} \gamma_2 \ell_2}. \quad (1)$$

$$Z_I = Z_1 \frac{Z_{II} + Z_1 \operatorname{th} \gamma_1 \ell_1}{Z_1 + Z_{II} \operatorname{th} \gamma_1 \ell_1}. \quad (2)$$

$$\Gamma = \frac{Z_I - Z_0}{Z_I + Z_0}. \quad (3)$$

Показано, що значення полюсів та нулів дозволяє отримувати коректні результати оцінки добротності. Як відношення дійсної частини полюса до подвійного значення уявної частини полюса.

Наявність діелектричного зразка в хвильоводі моделювалося третім шаром, малої товщини, що дало змогу дослідити зміну резонансної кривої в залежності від властивостей матеріалу, зокрема втрат. Вважалось, що шар діелектрика, що досліджується, знаходиться на провідній підкладці з імпедансом $Z_3 = 0$.

- [1] Кузьмичев И.К. Открытый резонатор с отрезком прямоугольного волновода. Радиофизика и радиоастрономия. Т. 19, № 3. (2014). С. 249–257.
- [2] Андреев М.В., Дробахин О.О., Салтиков Д.Ю. Определение резонансной частоты и добротности полудискового диэлектрического резонатора при помощи дробно-рациональной аппроксимации. Радиофизика и радиоастрономия. Т. 18, № 4. (2013). С. 362–372.

STUDY OF COMBINED RESONATORS: COMBINATION OF OPEN AND WAVEGUIDE RESONATORS

V. Nadtochy

*Oles Honchar Dnipro National University
nadtochy.vladislav@gmail.com*

A combined resonator, constructed with open resonator and a waveguide resonator, is under consideration. The waveguide resonator can be either circular or rectangular one. The use of fractional-rational approximation allows us to estimate the values of both zeros and poles

(the values of complex resonant frequencies, which allows to correctly calculate the value of the quality factor).

It has been shown that application of poles and zeros allows one to get the right results. The presence of dielectric sample in the waveguide is modeled by a third layer, of small thickness, which should make it possible to investigate the change in the resonance curve in the matter of the losses.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПРОНІ

Д. Кулаков

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
officialdstr@gmail.com*

Реакція багатьох лінійних інваріантних до зсуву систем може бути змодельована лінійною комбінацією затухаючих експоненціальних функцій. Параметри апроксимації, тобто показники експонент та амплітуди, за даними про еквідистантні відліки $x[n]$ досліджуваної залежності можуть бути отримані з використанням методу Проні. Звичайний або поліноміальний метод Проні складається з авторегресійної моделі порядку p , яка передбачає, що значення вибірових даних $x[n]$ лінійно залежать від попередніх p значень x . Розв'язуючи цю лінійну систему рівнянь, отримують коефіцієнти характеристичного многочлену Проні $\varphi(z)$. Корені цього многочлена дають два параметри розв'язку (фактори загасання та частоти) і забезпечують другу систему рівнянь для обчислення амплітуди та фази p експоненціальних функцій.

Послідовність даних $x[n]$ ($n = 1, \dots, N$) може бути представлена сумою p комплексних параметрів (порядку p) згідно з наступним виразом:

$$x[n] = \sum_{k=1}^p A_k e^{j\theta_k} \cdot e^{(a_k + j2\pi f_k)T_s(n-1)} = \sum_{k=1}^p h_k \cdot z_k^{(n-1)}, \quad (1)$$

Апроксимація сигналу $x[n]$ відбувається в p компонентах, в яких A_k - початкова амплітуда в тих самих одиницях, що і $x[n]$, α_k коефіцієнт загасання в секундах⁻¹, f_k - частота в герцах, T_s - це період вибірки (у секундах) сигналу $x[n]$ і θ_k є початковою фазою в радіанах. Тому сигнал $x[n]$ характеризується параметрами A_k , α_k , f_k і θ_k ($k = 1, \dots, p$). h_k - не залежний від часу компонент і z_k - експоненціальний і залежний від часу компонент (полюси).

Рівняння (1) дозволяють сформулювати систему однорідних лінійних різницьових рівнянь, якщо корені p різні. Щоб знайти такі рівняння, ми маємо побудувати характеристичне рівняння (2), що має вигляд:

$$\varphi(z) = \prod_{k=1}^p (z - z_k) = \sum_{k=0}^p a[k] z^{p-k}, \quad (2)$$

де характерними коренями є параметри z_k рівняння (1).

Оригінальний метод Проні точно відповідає кривій з p експоненціальних доданків до набору даних з $N = 2p$ елементів. При $N > 2p$ лінійні системи рівнянь перевизначені і можуть бути наближені методом найменших квадратів (LS). Звичайний метод найменших квадратів передбачає, що в лінійній системі ($Ax \approx b$) шумом забруднено лише b (вектор спостереження), а A (матриця коефіцієнтів) без шуму. Однак, як матриця A , так і вектор b є шумоподібними (у методі Проні, A і b мають одне і те ж джерело даних), і в цьому випадку техніка загальних найменших квадратів (TLS) може бути більш вигідною.

У деяких випадках проблема методу полінома Проні полягає в тому, що він може бути чисельно нестабільним через кроки, що містять алгоритм: розв'язання погано обумовленого матричного рівняння та знаходження коренів многочлена. Коли кількість експонент відносно велика, чутливість коренів характерного многочлена до збурень їхніх коефіцієнтів так само висока, і метод Проні може бути нестабільним.

В останні роки завдяки прогресу в обчислювальних системах метод Проні успішно застосовується в різних інженерних галузях, таких як аналіз якості електроенергії, матеріалознавство, антени та ін. У біомедичній галузі класичний метод Проні використовується для обробки мультифокальних зорово-викликаних потенціалів для діагностики ранніх стадій розсіяного склерозу. Згідно [1, 2] чисельний метод, що базується на опрацюванні власного вектора матриці системи алгебраїчних лінійних рівнянь, що відповідає нульовому власному числу, є дещо кращим. Результати робіт останніх років суперечать таким висновкам. Тому було проведено низку чисельних експериментів для різної кількості відліків, рівня шуму на сучасних комп'ютерах для співставлення відповідних результатів.

- [1] Дробахин О.О., Короткая В.Г. Применение метода Проуни для толщинометрии слоистых диэлектриков. Дефектоскопия. № 5. (1987). С. 19-30.
- [2] Дробахин О.О. Идентификация параметров модели в виде суммы экспоненциальных функций при помощи метода Прони. Автометрия. № 4. (1989). С. 36-42.

SIGNAL INVESTIGATION ON THE BASIS OF PRONY'S METHOD

D. Kulakov

*Oles Honchar Dnipro National University
officialdstr@gmail.com*

In some cases, a problem with the Prony's polynomial method is numerical instability because of the steps that comprise the algorithm: solving an ill-conditioned matrix equation and finding the roots of a polynomial. When the number of exponentials is relatively high, the sensitivity of roots of the characteristic polynomial to perturbations of their coefficient is likewise high and Prony's method may be unstable. The method with eigen vector of Prony's linear equation system was considered as rather stable. The results of works of recent years contradict these conclusions. Therefore, a number of numerical experiments have been conducted for a different number of samples, noise levels on modern computers to compare the results.

РОЗРОБКА АПАРАТУРИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ У НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛАСТИНАХ

С. Пархоменко, О. Вашерук, С. Пляка

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
parhomenkovsv@gmail.com

Для виявлення прихованих дефектів у виробках і аналізу напружено-деформованого стану матеріалів застосовують акустичну мікроскопію з фото- або телереєстрацією результатів аналізу. Акустична мікроскопія використовує високочастотні (від 5 до 200 МГц) ультразвукові коливання і здійснюється методами наскрізної передачі і відбитого сигналу. Метод відбитого сигналу, що вимагає доступу тільки до однієї сторони виробу, дозволяє виявляти приховані дефекти при посадці кристалів, розварювання провідних з'єднань, герметизації електронних модулів.

Ультразвукова хвиля, проходячи через зразок, може поглинатися, розсіюватися або відбиватися, вона чутлива до пружних властивостей матеріалу, особливо до тріщин і повітряних зазорів. Використання звукової хвилі дозволяє також пошарово досліджувати зразки на різних глибинах, візуалізуючи його внутрішні особливості.

На границі розділу між двома матеріалами ультразвуковий імпульс розділяється на відбиту і пропущену складові, причому, чим вище різниця опорів на границі, тим більше амплітуда відгуку і значніше контраст зображення. Деякі відгуки мають негативну полярність, що в більшості випадків свідчить про наявність розшарувань, тріщин і пустот.

Розміщення зразка має бути таким чином, щоб при одному лінійному русі платформи (в x або y напрямку) можна було підрахувати дефекти, що містяться в полі зору датчика. Лінія сканується і реєструється класифікація і кількість дефектів. Підраховується кожен клас дефектів окремо по кожному з відсканованих діаметрів. Проводиться підрахунок всієї перевіреної зони шляхом чотириразового множення еталонної ширини поля зору в сантиметрах на довжину сканування в сантиметрах. Щільність σ_d визначається кількістю дефектів N_d поділених на загальну площу пластини S .

Розроблена структурна схема приладу представлена на рис. 1.

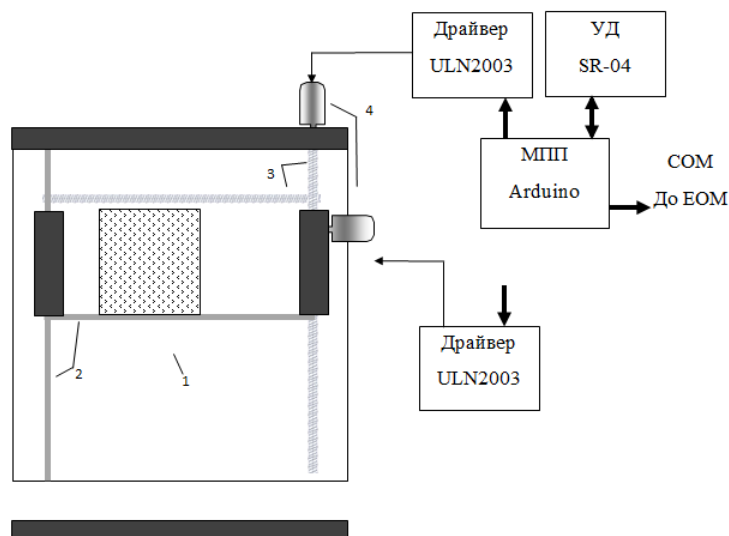


Рис. 1. Структурна схема приладу

На вхід `trig` посилаємо високий рівень сигналу протягом як мінімум 10 мкс. Модуль починає посилати ультразвукові імпульси з частотою 40 кГц і приймає їх назад, якщо в зоні видимості є будь-які перешкоди. Якщо сигнал повертається, модуль встановлює низький рівень на виході `echo` на 150 мс. За часом, який минув з моменту посилання високого рівня сигналу до низького рівня на виході `echo` можна розрахувати відстань до перешкоди.

Для реалізації даного приладу було обрано уніполярний кроковий двигун 28BYJ-48. Дискретне переміщення вала двигуна 28BYJ-48 дозволяє повернути вал рівно на 60 або 279 градусів і зафіксувати. Для розробки приладу було обрано мікроконтролер Arduino.

Для створення програмного забезпечення використано вбудований програмний продукт Arduino IDE. Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратури. Arduino може використовуватися як для створення автономних об'єктів автоматики, так і підключатися до програмного забезпечення на комп'ютері через стандартні дротові і бездротові інтерфейси.

Розроблене програмне забезпечення виконується при його запуску на персональному комп'ютері, на якому встановлено Arduino IDE, та забезпечує прохід платформи зі зразком з одночасним вимірюванням дефектів по осям x та y , створюючи результуючий двомірний масив.

DEVELOPMENT OF DEFINITION DEVICE DEFECTS IN SEMICONDUCTOR PLATES

S. Parhomenko, O. Vasheruk, S. Plyaka

*Oles Honchar Dnipro National University
parhomenkopsv@gmail.com*

Acoustic microscopy with photo- or tele-registration of analysis results is used to detect hidden defects in products and to analyze the stress-strain state of materials.

The structural scheme of the device is developed. A unipolar stepper motor was selected to implement this unit. An Arduino microcontroller was chosen to design the device. The developed software is executed at its launch on a personal computer with an Arduino IDE installed and provides a platform pass with a sample with simultaneous measurement of defects along the x and y axes, creating the resulting two-dimensional array.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛАКСАЦІЇ ВАРИСТОРНО-ПОЗИСТОРНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ВІД ПЕРЕНАПРУГИ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ОСВІТЛЕННЯ

О. Тонкошкур

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tonkoshkuras@ukr.net*

Фотоелектричний модуль (ФЕМ) складається з послідовно з'єднаних фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), які розділені на кілька підмодулів [1]. Кожний такий підмодуль забезпечений обвідним діодом, який підключений паралельно йому. Якщо один або кілька ФЕП через несправність або затінення зменшує генерований ними фотострум, струм від інших підмодулів протікає через обвідний діод, а для розглянутого підмодуля з затіненим ФЕП реалізується стан короткого замикання. Освітлені ФЕП всередині підмодуля не можуть віддавати свої генеровані фотоструми в зовнішнє електричне коло тому, що послідовне з'єднання розірвано затіненими перетворювачами. Генерована цими ФЕП напруга зміщує затінений елемент в зворотному напрямку, і він працює як навантаження, а не як генератор. Розсіювання енергії на зазначеному навантаженні веде до неоднорідного нагрівання модуля, зокрема до появи в ньому областей локального розігріву, які називають «гарячими плямами».

Серед схемотехнічних засобів захисту ФЕП від перенапруги одним з нових підходів є використання обмежувачів напруги (ОН) на основі структури з двох послідовно з'єднаних шарів, один з яких варисторна кераміка, а другий – використовуваний в РРТС запобіжниках технології «PolySwitch» наноккомпозит, які знаходяться в тепловому контакті [2].

Кожен ФЕП підключається до варисторного шару (вихідного кола) окремого ОН. Послідовне з'єднання ОН утворюють підмодуль ФЕМ з паралельно підключеним до нього обвідним діодом. При прикладанні вхідної перенапруги до такого ОН тепло, що виділяється варисторним шаром, нагріває шар позистора і обумовлює збільшення його опору. В результаті має місце перерозподіл вхідної перенапруги між шарами, який може забезпечити обмеження на заданому рівні вихідної напруги варисторного шару і, відповідно, на включеному паралельно йому навантаженні.

Для перспективної реалізації розглянутого способу захисту ФЕП від перенапруги представляється необхідним обґрунтування і аналіз процесу функціонування даного варисторно-позисторного пристрою в фотоелектричних системах сонячних батарей. Найбільш ефективно рішення таких задач може бути здійснено застосуванням математичного моделювання.

У даній роботі наводяться результати теоретичного дослідження функціонування варисторно-позисторних ОН в стані релаксації при відновленні освітлення. При аналізі взято до уваги, що при поверненні підмодуля ФЕМ з частково затемненого до повністю освітленого стану, опір позисторного елемента R_{Fu} може відновити своє високопровідне («холодне») значення тільки при зниженні його температури T . Зазначений ефект може бути досягнутий за рахунок припинення передачі теплової потужності від варистора внаслідок зниження напруги на паралельно підключеному до нього ФЕП, опір і, відповідно, падіння напруги на якому U_R різко зменшуються при його переході із пасивного (затіненого) в освітлений стан, коли він генерує електричну потужність. При цьому повинна бути виконана умова: струм через ОН повинен бути меншим величини

струму спрацьовування позисторного елемента типу PolySwitch I_{trip} при поточній температурі T .

Рівняння, що описують такий процес релаксації ОН можна записати у вигляді

$$C \frac{dT(t)}{dt} = P_{PPTC}[E, T(t)] - \frac{T(t) - T_0}{RT}; \quad T(t=0) = T_{trip}, \quad (1)$$

де

$$P_{PPTC}[E, T(t)] = \frac{R_{Fu}(T)}{R_{Fu}(T) + R_s} \frac{E}{R_{Fu}(T) + R_s} \cdot E;$$

E та R_s – напруга, що генерується всіма ФЕП підмодуля, та його еквівалентний послідовний електричний опір; $R_{Fu}(T) = \text{const} / (T_{trip} - T)$ та $I_v(U) = I_0 \cdot (U/U_c)^\beta$ – типові апроксимації температурної залежності PPTC запобіжника і ВАХ варистора; $\text{const} = R_{Fu0} (T_{trip} - 298)$, R_{Fu0} – значення опору запобіжника в провідному стані до його спрацьовування; U_c і β – класифікаційна напруга варистора при $I_0 = 10^{-3} A$ і коефіцієнт нелінійності; C та RT – теплоємність і тепловий опір ОН; T_0 – температура навколишнього середовища; t – час.

Результати розв'язання рівняння (1) дозволили встановити істотний вплив параметрів ОН R_{Fu0} та RT на форму залежностей $T(t)$ і $R_{Fu}(t)$. При невеликих значеннях зазначених параметрів ці залежності мають релаксаційний характер. Час релаксації порядку декількох секунд і зменшується зі зменшенням величини теплового опору ОН RT . При досить великих значеннях RT та R_{Fu0} може реалізуватися ситуація, коли така релаксація відсутня і ОН зберігає активний стан.

- [1] Daliento S., Di Napoli F., Guerriero P., d'Alessandro V. A modified bypass circuit for improved hot spot reliability of solar panels subject to partial shading. *Solar Energy* Vol. 134. (2016). P. 211–218.
- [2] Тонкошкур О.С., Накашидзе Л.В. Проблеми надійності фотоелектричних компонентів сонячних батарей. *Відновлювана енергетика*. № 3. (2018). С.21–31.

MODELING OF RELAXATION OF VARISTOR-POSISTOR DEVICES FOR PROTECTION OF PHOTOELECTRIC MODULES FROM OVERVOLTAGE IN LIGHT RECOVERY

A. Tonkoshkur

*Oles Honchar Dnipro National University
tonkoshkuras@ukr.net*

The results of modeling the operation of the electric overvoltage limiter for a photovoltaic module based on the varistor-PPTC fuse layered structure, which are in thermal contact, are presented.

It is shown that in the mode of resuming lighting, relaxation to the initial state of the parameters of such a voltage limiter is possible at relatively small values of the electrical resistance of the PPTC fuse in the conducting ("cold") state and the thermal resistance of the entire device.

МЕТОДИКА ПОШАРОВОГО НАНЕСЕННЯ ПЛІВОК ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОШАРОВИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ БАКТЕРІОРОДОПСИНУ

І. Трикур, М. Січка, І. Цьома, А. Потапчук, В. Різак

Ужгородський національний університет

Trikurivan1012765@gmail.com

Отримання плівок з високою оптичною якістю і товщинами в межах 1 - 40 мкм на базі бактеріородопсину (БР) у золь-гельних матрицях досить складний процес з технологічної точки зору. Випаровування розчинника приводить до виникнення внутрішніх механічних напруг і порушення однорідності таких плівкових структур. Використання методу центрифугування дає можливість отримати плівки із суміші золь-гелю і суспензії пурпурних мембран (ПМ) без дефектів але з товщинами на рівні 5-10 нм і неоднорідною поверхнею. Такі плівки по суті будуть являти собою окремі фрагменти пурпурних мембран покриті тонким шаром золь-гельного скла. Враховуючи, що товщина ПМ складає близько 5 нм [1], неоднорідність по товщині можна пояснити нерівномірністю розміщення фрагментів ПМ по поверхні підкладки та їх частковим накладанням. Оскільки одношарова плівка містить занадто мало БР для можливості практичного використання, потрібно наносити багатошарову структуру що супроводжується значними втратами матеріалу в процесі виготовлення таких плівок.

Тому було запропоновано модифікувати методику пошарового нанесення плівок БР. Даний метод є комбінацією методу поливу та центрифугування і передбачає нанесення на підкладку плівки БР, яка покривається тонким шаром золь-гелю. Для таких структур характерна відсутність дефектів, що виникають під дією внутрішніх механічних напруг і хороша оптична якість плівок. Оскільки золь-гельне скло має високу пористість, речовини аналіти можуть вільно проникати у плівку для взаємодії з БР. Технологія виготовлення таких двошарових структур простіша, а якість отриманих плівок краща порівняно з плівками БР в золь-гельній матриці, які наносяться методом поливу.

Для виготовлення плівки БР запропонованим методом 0,5 мл водного розчину БР поміщали на очищену скляну підкладку і висушували в ексікаторі протягом 24 год. Після того, як плівка БР висихала, зверху наносився шар золь-гельного SiO_2 скла. Для нанесення золь-гелю на плівку БР використовували метод центрифугування. У нашому випадку крапля плівкоутворюючої суміші об'ємом ~ 10 мкл наносилася на скляну підкладку, швидкість обертання якої складала 750 об/хв. Як і у випадку з плівками золь-гелю, отримуваними методом поливу, використовували 3 режими висушування: протягом 24 годин при кімнатній температурі, 48 год. при 4°C в холодильнику у відкритій чашці Петрі та протягом 6 діб при 4°C у закритій чашці Петрі. Використання перших двох методів приводить до виникнення мікротріщини на поверхні плівок. При висиханні золь-гелю при 4°C у закритій чашці Петрі дефекти поверхні відсутні. Останнє можна пояснити наступним чином. За рахунок тривалості процесу полімеризації (6 діб) і висихання в атмосфері насиченої пари розчинника, швидкість випаровування рідини із пор золь-гельного скла була дуже низькою. Останнє сповільнило процес «усадки» золь-гельного скла в процесі старіння і зробило можливим утворення додаткових зв'язків у структурі кістяка, які взяли на себе частину навантаження, спричиненого внутрішніми напругами.

Дослідження морфології поверхні на різних етапах отримання плівок проводили за допомогою АСМ. У випадку використання гладкої підкладки як для одно- так і для

багат шарових плівок з чистого SiO_2 скла, отриманих за допомогою золь-гель технології методом центрифугування при послідовному нанесенні шарів, характерна однорідна гладка поверхня з шорсткістю на рівні 0,2-0,4 нм, яка повторює рельєф підкладки. У випадку нанесення шару SiO_2 скла на плівку БР отриману методом поливу шорсткість плівок зменшується в середньому на 15-20% з 18,5 до 14,0 нм. Максимальний перепад по висоті зменшується майже на 30% - з 290 нм для плівок чистого БР до 205 нм для плівки БР, покритої шаром золь-гельного скла. Зменшення шорсткості поверхні досягається за рахунок заповнення нерівностей поверхні рідким розчином золь-гелю. Зменшення неоднорідностей поверхні приводить до зменшення розсіювання на неоднорідностях поверхні і підвищення оптичної якості плівки.

Спектри пропускання для плівки чистого БР та двошарової плівки БР, покритої шаром золь-гелю майже аналогічні - спостерігається чітка смуга поглинання в області 570 нм. Для двошарової плівки характерне незначне зростання пропускання порівняно з плівкою чистого БР, незважаючи на виникнення додаткової межі поділу БР/золь-гель. Даний результат можна пояснити зменшенням розсіювання на неоднорідностях поверхні плівки.

В результаті використання даного методу нами були отримані двошарові плівкові структури на основі бактеріородопсину із задовільною оптичною якістю, які не руйнується під дією води і можуть використовуватися як первинні перетворювачі для хімічних датчиків водних розчинів. Покриття плівки чистого БР тонким шаром золь-гельного скла приводить до вирівнювання поверхні плівки і зменшення розсіювання на неоднорідностях поверхні. Дослідження спектральних та динамічних характеристик показало, що при нанесенні покривного шару золь-гелю БР зберігає характерні функціональні та оптичні властивості.

[1] Hampp N. Bacteriorhodopsin as a Photochromic Retinal Protein for Optical Memories. Chem Rev, Vol. 100. (2000). P. 1755-1776.

METHODS OF LAYER-BY-LAYER DEPOSITION OF FILMS AND CHARACTERISTICS OF TWO-LAYER STRUCTURES BASED ON BACTERIORHODOPSIN

I. Trikur, M. Sichka, I. Tsoma, A. Potapchuk, V. Rizak

Uzhhorod National University

Trikurivan1012765@gmail.com

A modified technique of layer-by-layer deposition of bacteriorhodopsin (BR) films is proposed. This method is a combination of the casting and centrifugation method and involves the application of a pure BR film to the substrate, which is covered with a thin layer of sol-gel glass. As a result of using this method we have obtained two-layer film structures based on bacteriorhodopsin with satisfactory optical quality, which are not destroyed by water and can be used as primary transducers for chemical sensors of aqueous solutions. Coating the film of pure BR with a thin layer of sol-gel glass leads to the leveling of the film surface and reducing the scattering on its inhomogeneities. The film roughness decreases by an average of 15-20% from 18.5 to 14.0 nm. The maximum height difference decreases by almost 30% - from 290 nm for pure BR films to 205 nm for BR films coated with a sol-gel glass layer. The study of the spectral and dynamic characteristics showed that the application of the coating layer of sol-gel glass BR retains the characteristic functional and optical properties.

ТОНКОПЛІВКОВИЙ СОНЯЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ З ДВОБІЧНИМ ПОКРИТТЯМ МЕТАЛЕВИМИ НАНОЧАСТИНКАМИ

О. Гниленко¹, С. Плаксін²

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

²Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг»
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

В кристалічних кремнієвих сонячних елементах широко застосовується текстурування освітлюваної поверхні – спосіб підвищення ККД, що полягає в наданні лицевій поверхні сонячного елемента різного роду неоднорідностей, що відбивають сонячні промені в поглинаючий шар напівпровідника під певним кутом і збільшують тим самим довжину оптичного шляху фотонів. Але для тонкоплівкових сонячних елементів традиційний підхід до текстурування мало підходить, оскільки характерний розмір текстури, що перешкоджає відбиттю і відхиляє сонячні промені в поглинаючий шар під оптимальним кутом виявляється більшим, ніж товщина самого сонячного елемента. Тому, для тонкоплівкових сонячних елементів використовуються інші техніки «затримки» сонячного випромінювання у фотоактивному шарі напівпровідника, що базуються на застосуванні нанорозмірних металевих структур як аналога текстурування поверхні напівпровідника. Покриття лицеві поверхні сонячного елемента металевими наночастинками або розташування наночастинок безпосередньо в товщі поглинаючого шару напівпровідника дозволяє одержати такий самий результат, як і при текстуруванні, оскільки розсіювання сонячного випромінювання на наночастинках призводить до аналогічного ефекту затримки фотонів у фотоактивному шарі.

Вплив різних способів розміщення металевих наночастинок на підвищення ефективності тонкоплівкових сонячних елементів з аморфного кремнію досліджувався в багатьох роботах. Так, ефект від розміщення наночастинок золота над освітлюваною поверхнею напівпровідника вивчався в [1]. В роботі [2] був досліджений ефект локалізації випромінювання в поглинаючому шарі аморфного кремнію при розміщенні наночастинок срібла на поверхні металевого відбивача. Посилення поглинання сонячного випромінювання при розміщенні наночастинок золота всередині шару аморфного кремнію і можливість ефективно контролювати рівень поглинання змінюючи товщину шару кремнію продемонстровано в роботі [3].

У цьому дослідженні за допомогою програмного пакета Silvaco TCAD проведено моделювання тонкоплівкового сонячного елемента з аморфного кремнію з алюмінієвими наночастинками, розташованими над верхнім і під нижнім прозорими електродами. Двохвимірний розгляд сонячного елемента показана на рис. 1. Сонячний елемент являє собою тонкоплівкову р-і-п структуру з аморфного кремнію товщиною 300 нм. На лицевий та тильний боки р-і-п структури нанесені прозорі електроди з оксиду індію-олова. Над верхнім і під нижнім прозорими електродами розміщені алюмінієві наночастинки круглої форми, які є ізольованими від електродів в шарах прозорого для випромінювання матеріалу, що не має втрат. Методом FDTD, який входить до складу програмного пакету Silvaco TCAD розрахована інтенсивність сонячного випромінювання в структурі розглянутого сонячного елемента і на цій основі визначені його основні електричні характеристики із застосуванням дифузійно-дрейфової моделі руху носіїв заряду.

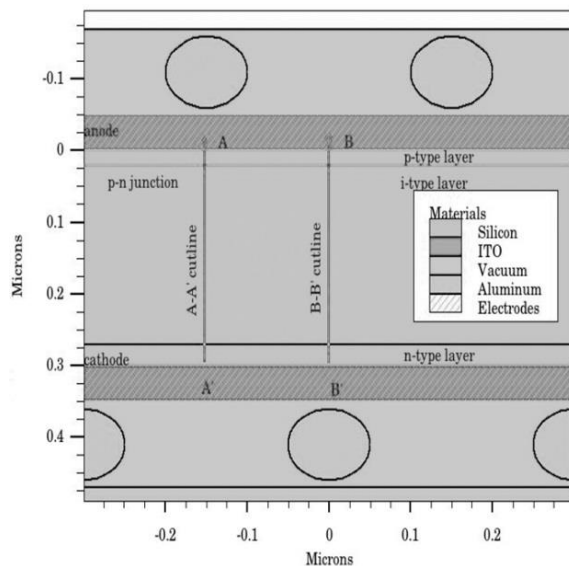


Рис. 1. Двохвимірний модель сонячного елемента.

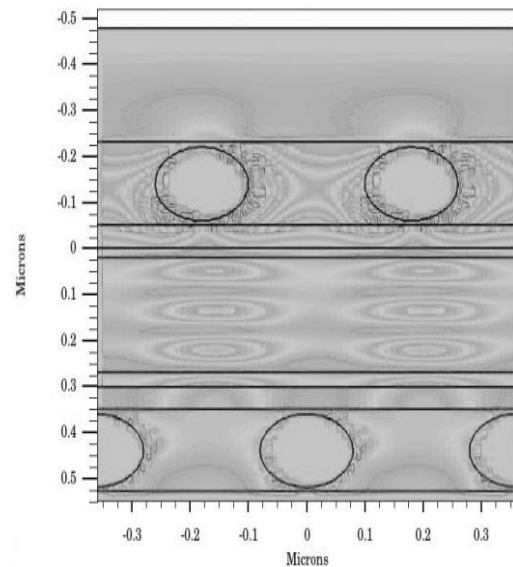


Рис. 2. Розподіл інтенсивності випромінювання.

Результати моделювання свідчать про те, що наночастинки, розташовані над верхнім прозорим електродом і під нижнім прозорим електродом сонячного елемента сприяють створенню в фотоактивному шарі напівпровідника локальних максимумів інтенсивності випромінювання (див. Рис. 2) і, відповідно, швидкості фотогенерації, що призводить до збільшення фотоструму. Вибір оптимального радіусу наночастинок і відстані між наночастинами дозволяє досягти в тонкоплівковому сонячному елементі з аморфного кремнію значень коефіцієнта корисної дії понад 13%.

- [1] Derkacs D., Lim S.H., Matheu P., Mar W., Yu E.T. Improved performance of amorphous silicon solar cells via scattering from surface plasmon polaritons in nearby metallic nanoparticles, *Applied Physics Letters*. No. 89. (2006). P. 093103-1–093103-3.
- [2] Wang P.H., Theuring M., Vehse M., Steenhoff V., Agert C., Brolo A.G. Light trapping in a-Si:H thin film solar cells using silver nanostructures. *AIP Advances*. No. 7. (2017). P. 015019-1–015019-8.
- [3] Faraone G., Modi R., Marom S., Podest A., Vece M. Increasing the optical absorption in a-Si thin films by embedding gold Nanoparticles. *Optical Materials*. No. 75. (2018). P. 204-210.

THIN-FILM SOLAR CELL WITH DOUBLE-SIDED COATING OF METAL NANOPARTICLES

A. Gnilenko¹, S. Plaksin²

¹*Oles Honchar Dnipro National University*

²*Institute of Transport Systems and Technologies NASU*
 gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

An amorphous silicon thin-film solar cell with double-sided coating of aluminum nanoparticles is simulated using Silvaco TCAD software package. Solar radiation intensity inside the cell is computed using FDTD method to obtain basic electrical characteristics of the thin-film solar cell under consideration. Optimal sizes and arrangement of nanoparticles are found and the possibility of increasing solar cell efficiency due to solar radiation retention in the photoactive layer is demonstrated.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ КЕРАМІКИ СИСТЕМ VO_2 –ВАНАДІЄВО-ФОСФАТНЕ СКЛО (ВФС) ТА VO_2 –ВФС– SnO_2 З ДОБАВКАМИ Cu ТА Cu_2O

В. Колбунов, О. Івон, О. Вашерук

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kolbunov_vadim@i.ua

Склокерамічні матеріали на основі систем діоксид ванадію (VO_2)–ванадієво-фосфатне скло (ВФС) та VO_2 –ВФС– SnO_2 мають різку (на 2-3 порядку) зміну електропровідності в області температури $T_t = 341\text{K}$ фазового переходу метал-напівпровідник (ФПМН) в VO_2 . Це дає можливість використовувати такі матеріали в критичних терморезисторах, що поєднують властивості звичайного терморезистора з негативним температурним коефіцієнтом опору і термічного реле [1].

Метою даної роботи є дослідження електропровідності склокераміки систем VO_2 –ВФС і VO_2 –ВФС– SnO_2 з добавками Cu і Cu_2O в широкій області температур.

На температурних залежностях питомої електропровідності σ склокераміки (ваг.%) 40VO_2 – 15VPG – $\alpha\text{Cu}_2\text{O}$ – $(45-\alpha)\text{SnO}_2$ з різним вмістом α Cu_2O при $\alpha \leq 5$ ваг.% спостерігається стрибок σ при 341K , який пов'язаний з ФПМН в VO_2 (рис. 1). У складах з вмістом закису міді 8 ваг.% і більше стрибок σ відсутній. Подібну поведінку σ показує також склокераміка системи VO_2 –ВФС з добавкою Cu . Причиною відсутності стрибка σ , ймовірно, є відсутність протікання по фазі VO_2 , що обумовлено малим вмістом діоксиду ванадію. Це підтверджують дані диференційного термічного аналізу, згідно яким вміст VO_2 у склокераміці різко зменшується, коли вміст добавки міді перевищує 5 ваг.%. При вмісті Cu 15 ваг.% вміст VO_2 не перевищує 1,5 ваг. %.

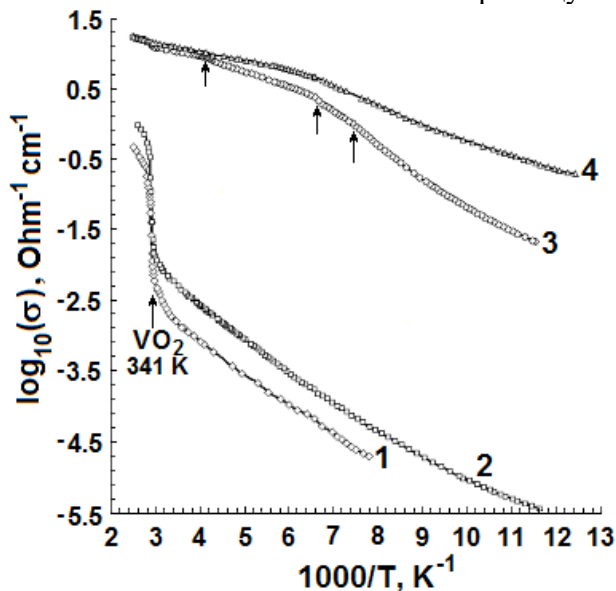
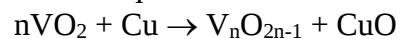


Рис. 1. Температурні залежності питомої електропровідності склокераміки 40VO_2 – 15VPG – $\alpha\text{Cu}_2\text{O}$ – $(45-\alpha)\text{SnO}_2$ з вмістом Cu_2O α ваг.%: 1 – 2; 2 – 5; 3 – 8; 4 – 10.

Зменшення вмісту VO_2 із зростанням вмісту міді, ймовірно, є наслідком окислювально-відновлюваних реакцій між цими компонентами, які відбуваються у рідкій фазі при синтезі склокераміки. Це підтверджується появою ліній вищого оксиду міді CuO в рентгеновських спектрах склокераміки, коли вміст Cu_2O перевищує 7 ваг.% [2].

Наслідком реакції



може бути кристалізація у рідкій фазі при синтезі склокераміки фаз Магнелі з загальною формулою $\text{V}_n\text{O}_{2n-1}$. Наявність таких фаз у склокераміці на основі VO_2 з підвищеним вмістом міді була підтверджена даними рентгенофазового аналізу, представленими в роботі [2].

Вкладу ФПМН фаз Магнелі у питому електропровідність склокераміки

на основі VO_2 з підвищеним вмістом міді (8 ваг.% і більше) виявляється як злами лінійної залежності електропровідності в координатах Ареніуса $\log \sigma \sim 1/T$ з переходом із зростанням температури від більшої енергії активації електропровідності до меншої.

Такі злами на рис. 1 показані стрілками. Вони мають місце при температурах 240 К, 150 К і 130 К, які відповідають ФПМН у фазах Магнелі V_4O_7 , V_5O_9 і V_6O_{13} , відповідно.

Наявність вкладу в електропровідність склокераміки означених вище фаз свідчить про те, що їх об'ємна частка перевищує поріг протікання. При невеликих добавках міді протікання по фазах Магнелі відсутнє за рахунок їх малого вмісту і основний внесок в електропровідність склокераміки забезпечує VO_2 . Слід зазначити, що при вмісті міді $\alpha \leq 5$ ваг.% кристаліти фаз Магнелі, що утворились при синтезі кераміки розташовані в прошарках ВФС між кристалітами VO_2 . Оскільки ці фази при температурах вищих за 273 К знаходяться у металевому стані, вони утворюють додаткові провідні електричні зв'язки між кристалітами VO_2 . Це сприяє протіканню по кристалітам VO_2 і за рахунок розвитої сітки провідних зв'язків між ними сприяє збільшенню стабільності при термоциклах через температуру ФПМН діоксиду ванадію.

Таким чином, встановлено, що стрибок σ в області температури $T_t = 341$ К ФПМН в VO_2 спостерігається тільки для складів склокераміки систем VO_2 –ВФС і VO_2 –ВФС– SnO_2 , які містять не більше 5 ваг.% добавок Cu або Cu_2O . Коли їх вміст перевищує 5 ваг.%, різко зменшується вміст VO_2 і в рентгенівських спектрах склокераміки з'являються лінії фаз V_4O_7 , V_6O_{13} , V_5O_9 . Причиною цього є окислювально-відновлювальні реакції в рідкій фазі при синтезі кераміки. Фазові переходи оксидів V_4O_7 , V_5O_9 і V_6O_{13} виявляються в температурній залежності σ , як злами її лінійних ділянок в координатах $\log \sigma \sim 1/T$ при температурах ФПМН T_t в цих фазах. Енергія активації σ при $T > T_t$ менша ніж при $T < T_t$, що свідчить про зміну енергетичної структури зон, яка є характерною для фазового переходу метал-напівпровідник.

- [1] Ивон А.И., Колбунов В.Р., Черненко И.М. Защита блока питания компьютера от тока включения. Системні технології. Вип. 64, № 5. (2009). С. 80 – 88.
- [2] Kolbunov V.R., Ivon A.I., Kunitskiy Y.A., Chernenko I.M. The influence of microstructure and phase composition of glass ceramics in the VO_2 – V_2O_5 – P_2O_5 – Cu_2O – SnO_2 system on the electrical properties related to the metal-semiconductor phase transition. *Ceramics International*. Vol. 39, №. 4. (2013). P. 3613–3620.

CONDUCTIVITY OF CERAMICS IN SYSTEMS VO_2 –VANADIUM PHOSPHATE GLASS (VPG) AND VO_2 –VPG– SnO_2 WITH Cu AND Cu_2O ADDITIVES

V. Kolbunov, A. Ivon, O. Vasheruk

*Oles Honchar Dnipro National University
kolbunov_vadim@i.ua*

The conductivity σ of glass-ceramics in systems VO_2 –vanadium phosphate glass (VPG) and VO_2 –VPG– SnO_2 with additives of Cu and Cu_2O was investigated in the temperature range of 77 K–400 K. It was found that the jump of conductivity at temperature of metal-semiconductor phase transition (MSPT) in VO_2 ($T_t = 341$ K) take place only for glass-ceramics containing not more than 5 wt.% of these additives. The content of VO_2 decreases sharply when the content of Cu and Cu_2O is more than 5 wt. %. The reason for this is the oxidation-reduction reactions in the liquid phase between Cu and VO_2 at ceramics synthesis. These reactions result in the appearance of Magneli phases in glass-ceramics composition. The phase transitions in Magneli phases V_4O_7 , V_5O_9 , and V_6O_{13} appear in the temperature dependence of σ , as bends of the straight lines in coordinates $\log \sigma \sim 1/T$ at the phase transition temperatures T_t of these phases: 240 K, 150 K, and 130 K.

ВПЛИВ СТРУМОВИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНІЄВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

О. Іванченко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net*

Фізичними причинами ненадійності фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) сонячних батарей можуть бути пошкодження корозією в процесі експлуатації, “сховані” виробничі дефекти, несправні блокуючі і обвідні діоди або результати деградації ізоляції під дією навколишнього середовища. Наслідок впливу зазначених факторів – виникнення струмових перевантажень і поява локальних перегрівів у ФЕП.

Останнім часом підвищення надійності зв’язується з перспективою використання додаткових пристроїв для ізоляції неактивних (затінених або дефектних) областей як окремих ФЕП, так і їхніх модулів, зокрема самовідновлюваних запобіжників РРТС (polymeric positive temperature coefficient) типу “PolySwitch”. Особливостями таких запобіжників є різкий перехід з високопровідного стану у низькопровідний при температурі 125 °С. При використанні РРТС у якості елементів струмового захисту є важливим поведінка ФЕП при підвищених температурах. Так в [1] було встановлено, що при перебуванні ФЕП при температурах до 150 °С у темновому режимі і при освітленні в розімкнутому та короткозамкнутому станах в інтервалі часів до 6 годин не виявляється значних змін основних функціональних характеристик і параметрів досліджених ФЕП на основі монокристалічного кремнію. В [2] представлені дані дослідження наслідків безпосереднього протікання великих струмів через зворотно зміщений діод ФЕП, що призводять до його нагріву та виходу з ладу. Однак зазначені дослідження проводилися, в основному, з метою поглибленого вивчення механізмів пробою. Питання про рівень деградації і збереження ФЕП після впливу струмових перевантажень протягом обмеженого проміжку часу дотепер є недостатньо дослідженим.

В цій роботі представлені дані про вплив нетривалих струмових перевантажень на вольт-амперні і вольт-ватні характеристики фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей і їхні технічні параметри.

У дослідженнях використовувалися зразки ФЕП з монокристалічного кремнію КДБ-10 з просвітлюючим покриттям на основі ІТО. Для реєстрації світлових вольт-амперних характеристик застосовувався спеціальний експериментальний автоматизований вимірювальний комплекс, який використовує відомий метод вольтметра-амперметра. Стенд дозволяв як джерело світла використовувати природне сонячне випромінювання.

Стан пробою ФЕП досягався подачею на нього постійної напруги зворотного зміщення протягом декількох хвилин, яка поступово збільшувалася до значення, при яких починалося різке некероване збільшення струму. У цей момент часу ФЕП відключався від джерела напруги за допомогою перемикача.

Досліджувалися зміни вольт-амперних і вольт-ватних характеристик фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей і їхні електричні параметри. Циклічні струмові перевантаження, які використовувалися, полягали в пропусканні струму пробою протягом ~ 5 секунд через зворотно зміщений діод ФЕП з подальшим охолодженням до кімнатних температур.

Встановлено, що такі струмові перевантаження призводять до деградації параметрів ФЕП (рис. 1). У меншій мірі знижується напруга холостого ходу ($\sim 0,5\%$ за 1 цикл), а в більшій мірі – струм короткого замикання ($\sim 1,5\%$ за 1 цикл) і потужність (до $3,5\%$ за 1 цикл).

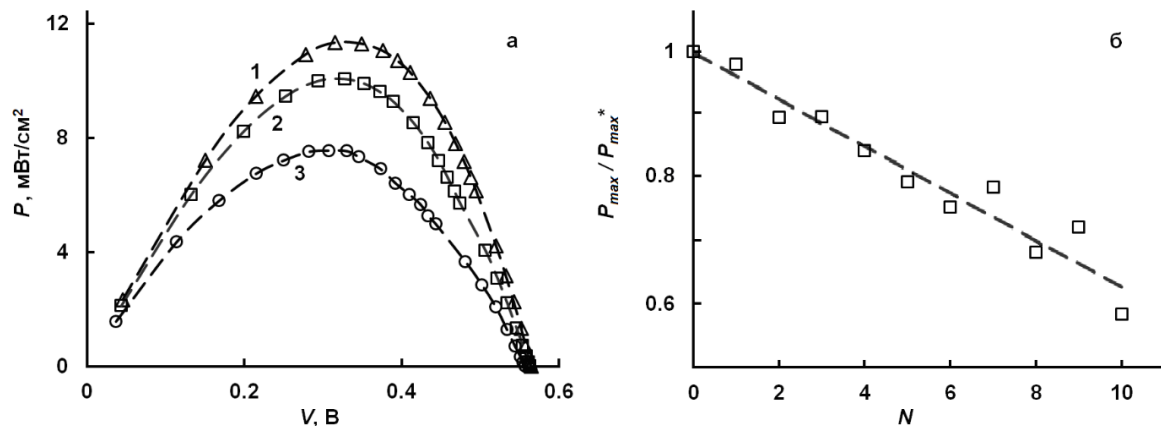


Рис. 1. Вольт-ватні характеристики зразка ФЕП до (1) та після дворазового (2) і восьмиразового (3) перебування ФЕП у стані пробою зворотним електричним струмом (а) та залежність максимальної потужності P_{max} ФЕП від числа циклів струмового перевантаження (P_{max}^* – відповідає вихідному стану зразка ФЕП) (б). Точки – експеримент, штрихова лінія – апроксимація

Діапазон часів спрацьовування запобіжників “PolySwitch” значно менше отриманих оцінок тривалості розвитку пробою ФЕП. Ці дані, свідчать про перспективність реалізації захисту на основі таких запобіжників як засобів захисту від струмових перевантажень при виникненні позаштатних ситуацій у роботі фотоелектричних систем сонячних батарей.

- [1] Иванченко А. В., Мазурик С. В., Тонкошкур А. С. Исследование характеристик кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечных батарей при перегреве. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. № 4. (2018). С. 14-20.
- [2] Breitenstein O., Bauer J., Bothe K. et al. Understanding junction breakdown in multicrystalline solar cells. Journal of Applied Physics. Vol. 109, iss. 7. (2011). Article ID 071101. 10 pages.

INFLUENCE OF CURRENT OVERLOAD ON THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF SILICON PHOTOVOLTAIC CELLS OF SOLAR ARRAYS

A. Ivanchenko

*Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net*

Changes in the current-voltage and volt-watt characteristics of photovoltaic cells of solar arrays and their electrical parameters were investigated in this paper. Cyclic current overloads were used, namely, the breakdown current was passed through a reverse biased diode of photovoltaic cell during ~ 5 seconds after which the photovoltaic cell was cooled to room temperature. It has been established that such current overloads lead to degradation parameters of the photovoltaic cell. Open circuit voltage ($\sim 0.5\%$ per 1 cycle) decreases to a lesser extent, short circuit current ($\sim 1.5\%$ per 1 cycle) and power (up to 3.5% per 1 cycle) decrease to a greater extent. It was shown that fuses of the “PolySwitch” type can be used as a means of protection against current overloads in the event of emergency situations in the operation of photovoltaic modules of solar arrays.

ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ ДВОВИМІРНИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Р. Балабай, А. Соломенко

Криворізький державний педагогічний університет
balabai@i.ua

Двовимірні напівпровідникові матеріали являють собою найтонші напівпровідники, які володіють багатьма новими властивостями порівняно зі своїми об'ємними аналогами. Серед переваг можна виокремити товщину в один або декілька атомів, відсутність поверхнево відокремлених зв'язків, чималі заборонені зони, високу рухливість носіїв, високу гнучкість та здатність штучного поєднання. Однак досі існують деякі перешкоди, що заважають практичному застосуванню двовимірних напівпровідникових матеріалів, одна з яких – покращення продуктивності пристроїв [1]. Остання насамперед залежить від електронних властивостей матеріалів, що лежать в основі пристроїв. З метою виявлення нових факторів впливу на електронні властивості двовимірних напівпровідникових матеріалів здійснено низку модельних функціоналізаційних модифікацій, а саме: поєднання чистих та функціоналізованих матеріалів в одній структурі, покрокова заміна одних атомів структури іншими, застосування статичного тиску на структуру, вигин структури на певний кут, адсорбція молекули на поверхню структури. Користуючись авторським програмним кодом, що базується на методах функціоналу електронної густини та псевдопотенціалу із перших принципів, отримані відповідні комп'ютерні моделі.

Пропонується принципово нове поєднання чистого та функціоналізованого графену в одну двовимірну структуру за наперед спланованим малюнком. Створюючи на листі графену шляхом певних технологічних прийомів окремі ділянки локальної адсорбції різних хімічних елементів (гідроген, фтор, хлор), можна організувати двовимірну структуру на спільній карбоновій основі (Рис.1а). У змодельованих двовимірних структурах спостерігаються зміни в електронних властивостях. Наявне чітке перерозподілення областей заряду різного знаку у структурі графен/графан. У площині структур формуються області з різною концентрацією електронної густини, що спричиняє виникнення між ними потенціальних бар'єрів. Встановлено, що пропонуване функціоналізаційне поєднання призводить до значного збільшення ширини забороненої зони у структурі графен/графан.

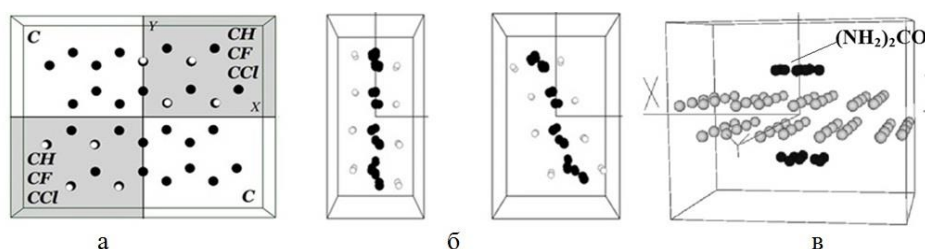


Рис. 1. а) примітивна комірка з атомним базисом для моделювання двовимірних структур графен/графан, графен/флюорографен, графен/хлорографен; б) примітивна комірка з атомним базисом для моделювання вигину двовимірної структури графен/графан (зліва $\alpha=0^\circ$, справа $\alpha=3^\circ$), в) примітивна комірка з атомним базисом для моделювання нескінченного листа чорного фосфорену з адсорбованими молекулами

Подальше тестування функціоналізаційних впливів виявило такі зміни. Встановлено, що після фторування структури графен/графан відбувається перерозподіл заряду зі збільшенням різниці заряду. Спостерігається посилення ковалентних С-Н зв'язків функціоналізованого графену, що проявляється у збільшенні інтенсивності

густини валентних електронів уздовж напрямків зв'язку. Значення ширини забороненої зони двовимірних структур графен/графан та графен/флюорографан мають коливальний характер. Тобто, змінюючи ступінь фторування на частинах наведених двовимірних структур, можна контролювати їх резистивні властивості [2]. Показано, що підвищення тиску також посилює ковалентні С-Н зв'язки функціоналізованого графена. Спостерігається збільшення ширини забороненої зони двовимірної структури графен/графан при її стисненні до 5 %. При подальшому стисненні до 7,5% та 10% ширина забороненої зони різко зменшується, що свідчить про посилення провідних властивостей структури. Визначено, що різниця зарядів у структурі графен/графан досягає найбільшого значення при її вигині на кут $\alpha=3^\circ$ (Рис.1б). При вигині на кут $\alpha=1^\circ$ ширина забороненої зони набуває найбільшого значення [3]. Для тестування функціоналізаційного впливу адсорбції молекул об'єктом дослідження обрано нескінченний лист чорного фосфореу (ЧФ) (Рис. 1в). Показано, що адсорбція молекул карбаміду на поверхню листа ЧФ призводить до перерозподілу електронної густини в ньому. Накопичення електричного заряду на ділянках під молекулами спричиняє виникнення областей, в яких заряди на атомних остовах змінюють знак на протилежний. Однорідність розподілу електронної густини в листі ЧФ зникає, утворюються ділянки просторового заряду різного знаку. Встановлено, що адсорбція молекул карбаміду на поверхню листа ЧФ призводить до зміни його провідності.

Запропоновано та протестовано в обчислювальному експерименті функціоналізаційні модифікації двовимірних напівпровідникових матеріалів, що призводять до зміни їх електронних властивостей.

- [1] Wang F., Wang Zh., Jiang Ch. et al. Progress on Electronic and Optoelectronic Devices of 2D Layered Semiconducting Materials. *Small*. 1604298 (2017). P. 1–27. <https://doi.org/10.1002/sml.201604298>
- [2] Balabai R., Solomenko A., Kravtsova D. Electronic and photonic properties of lateral heterostructures based on functionalized graphene depending on the degree of fluorination. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. Vol. 673:1. (2018). P. 125–136. <https://doi.org/10.1080/15421406.2019.1578502>
- [3] Balabai R., Solomenko A. Flexible 2D layered material junctions. *Applied Nanoscience*. Vol. 9 (5) (2019). P. 1011–1016. <https://doi.org/10.1007/s13204-018-0709-9>

FUNCTIONALIZATION OF 2D SEMICONDUCTING MATERIALS

R. Balabai, A. Solomenko

*Kyryvi Rih State Pedagogical University
balabai@i.ua*

2D semiconducting materials (2DSM) represent the thinnest semiconductors, holding many novel properties. However, there are still some obstacles prohibiting the practical applications of 2DSM, one of which is to improve the device performance [1]. First of all it depends on the electronic properties of the materials underlying the devices. In order to identify new factors influencing the electronic properties of 2DSM, a number of model functionalization modifications were performed, namely: the combination of pure and functionalized materials in one structure, step-by-step replacement of one structure atoms by another, the applying of static pressure on the structure, bend of the structure, adsorption of molecules to the structure surface. Within the framework of the methods of the electron density functional and the *ab initio* pseudopotential the corresponding computer models were obtained.

ВПЛИВ ЕЛІПТИЧНОСТІ ЗРАЗКА НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ БІКОНІЧНОГО РЕЗОНАТОРА

В. Мотуз, М. Пелін, Д. Салтиков

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vlad.motuz@gmail.com

Робота присвячена питанням вимірювання діелектричної проникності за допомогою біконічних резонаторів, що представляють собою об'єднання двох усічених конусів із загальною основою [1]. Такі резонатори мають розріджений спектр власних частот та високу добротність. Циліндричний зразок розміщується вздовж осі резонатора через отвори в закритичних для робочого типу коливань областях (рис. 1). В якості робочих коливань найчастіше застосовують азимутально-симетричні коливання типу H_{01p} .

Для проведення вимірювань необхідно забезпечити однозначний зв'язок між параметрами резонатора та досліджуваного зразка. Для цього необхідно виключити вплив зовнішніх факторів та забезпечити відповідну геометрію зразка. Метою роботи було дослідження впливу відхилення форми досліджуваного зразка від циліндричної на параметри біконічного резонатора та точність визначення діелектричної проникності.

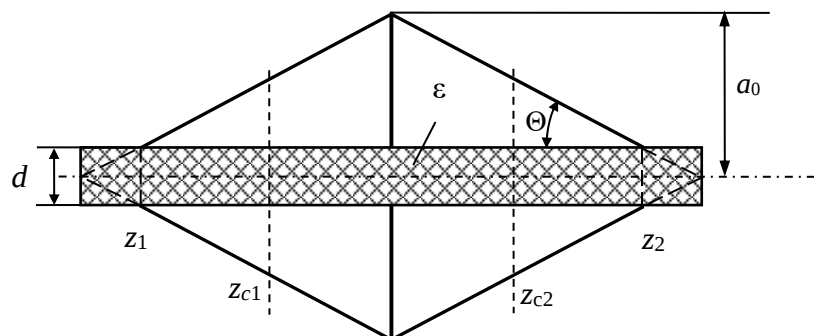


Рис. 1. Біконічний резонатор з досліджуваним зразком

Було проведено чисельне моделювання біконічного резонатора з аксіальним зразком за допомогою програмного забезпечення, яке реалізує метод кінцевих елементів. Особливий інтерес представляло дослідження впливу геометричних параметрів досліджуваного зразка на характеристики резонатора.

На рис. 2 показані залежності резонансної частоти біконічного резонатора для коливання типу H_{011} від еліптичності поперечного перерізу досліджуваного зразка. Тут Δ – відхилення радіусу зразка в одній площині від заданого. Параметри резонатора: найбільший радіус $a_0 = 25,25$ мм, кут при вершині конуса $\Theta = 30^\circ$. Резонатор підключається до зовнішнього хвильового тракту за схемою «на прохід», радіуси отворів зв'язку $r_1 = 4,00$ мм, $r_2 = 3,25$ мм. Приведені залежності для зразків з кварцу ($\epsilon=3,8$) діаметрами 4, 5 та 6 мм.

У разі невеликих відхилень залежності мають майже лінійний характер, що дозволяє спростити врахування їх впливу на резонансну частоту резонатора. Розрахунки показують, що відхилення радіуса поперечного перерізу від окружності на 0,1 мм

приводить для зразків з діаметрами 4, 5 та 6 мм до зміни резонансної частоти на 1,8, 4,5 та 6,0 МГц, що складає 0,019, 0,047 та 0,064%, відповідно.

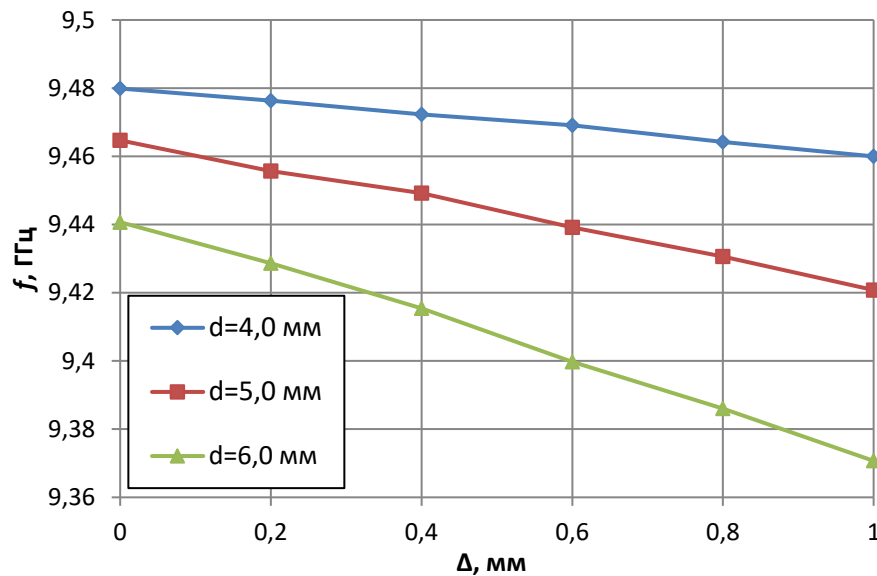


Рис. 2. Залежність резонансної частоти біконічного резонатора від Δ

Результати чисельного моделювання показали, що відхилення форми діелектричних зразків від циліндричної призводить до суттєвих змін резонансної частоти біконічного резонатора. Вплив посилюється в разі збільшення геометричних розмірів та проникності зразків. Для зразків з діелектричною проникністю $\sim 3,8$ та радіусом 2-3 мм відхилення від циліндричності всього на 0,1 мм (3-5%) призводить до зміни частоти біконічного резонатора на декілька МГц. В свою чергу, відхилення частоти на 1 МГц (0,01%) призводить до помилки у визначенні ϵ приблизно 10%.

- [1] Дробахин О. О. Заболотный П. И., Привалов Е. Н. Резонансные свойства аксиально-симметричных микроволновых резонаторов с коническими элементами. Радиофизика и радиоастрономия. Т. 14. (2009). С. 431– 441.

THE EFFECT OF ELLIPTICITY OF SAMPLES ON THE MEASUREMENT ERROR OF THE DIELECTRIC CONSTANT USING A BICONICAL RESONATOR

V. Motuz, M. Pelin, D. Saltykov
Oles Honchar Dnipro National University
vlad.motuz@gmail.com

The paper is devoted to the measurement of dielectric constant by using of biconical resonator. The effect of the cylindrical deviations of the test samples on the parameters of the biconical resonator and the accuracy of measurements were studied. Responses of the resonance frequency on deviation of cylindricity were obtained.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ОПТИЧНО – ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ

Д. Мазур, З. Ніконова

*Інженерний інститут Запорізького національного університету
nza@zgia.zp.ua*

Згідно статистики, в нашій країні кожні п'ять хвилин виникають пожежі, кожен годину у вогні гине людина, а близько двадцяти отримують опіки. 80% пожеж виникає з вини людської безпечності. Установка протипожежних пристроїв може попередити про пожежі та зберегти життя людей. Важливим фактором для збереження їх здоров'я також є контроль токсичних впливів від паління цигарок.

Особливістю функціонування систем контролю димового забруднення є взаємодія всіх ланок у реальному часі та забезпечення синхронного виконання операцій. Одним із надійних та дієвих складових такої системи є пристрій, які спрацьовують на виникнення диму.

Авторами запропоновано універсальний оптично – електронний пристрій з волоконно - оптичним зв'язком, робота якого основана на фіксації продуктів горіння внаслідок спрацювання оптичної системи. Простота моделі і вихідних даних для її реалізації забезпечать високу результативність та надійність.

У корпусі пристрою розміщено світлодіод та фотоелемент, який має велику чутливість і спрацьовує при мінімальній концентрації диму. Для забезпечення економії енергії вони не бачать один одного, оскільки не знаходяться на одній оптичній вісі. Світлодіод невеликої потужності випромінює вузьконаправлений пучок світла, під кутом 90° до якого встановлено фотоелемент, і працює в імпульсному режимі. Поки у повітрі немає диму, на фотоелемент не попадає світло і прилад не подає сигналу. Коли в корпус попадає дим, наприклад, від паління або задимлення об'єкту, випромінювання світлодіода, відображаючись від часточок диму, попадає на фотоелемент. Після цього сигнал поступає на систему управління (наприклад, реагування після декількох імпульсів або синхронізації зі світлодіодом), формується сигнал спрацювання, який може фіксуватися п'єзовипромінювачем або радіомодулем.

У порівнянні з відомими пристроями статичний струм його живлення значно менший і складає 4-5 мкА, при цьому один раз на 4 секунди струм досягає близько 25-35 мкА, а один раз в 45 секунд спалахує сигнальний світлодіод і струм підскакує до 150мкА. Середня площа дії такої системи знаходиться в межах 100 квадратних метрів. До переваг також слід віднести такі чинники: цінова доступність; швидкість реакції на появлення диму; простота установки та довговічність.

UNIVERSAL OPTICAL - ELECTRONIC DEVICE

D. Mazur, Z. Nikonova

*Engineering Institute of Zaporizhzhya National University
nza@zgia.zp.ua*

The proposed optoelectronic device can detect the presence of smoke in the smallest fraction (from 0.01 μm) of combustion products. They can be installed on the ceiling or on the wall 20 to 25 cm below the ceiling in both residential and industrial premises. Large areas should be provided with several such devices, pre-dividing them into zones. The parameters you specify are determined by the sensitivity setting, since optical spectra allow you to perform devices over a wide range of values.

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПЛІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ БІКОНІЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ

Д. Волинець, С. Ніколов, Д. Салтиков

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
slavutich11.96@gmail.com

Контроль параметрів плівкових матеріалів, у тому числі в ході технологічного процесу, є важливою практичною задачею. Перспективним для розв'язання даної задачі є застосування радіохвильових методів. В радіохвильових вимірювальних пристроях НВЧ діапазону для визначення параметрів діелектриків часто використовують різноманітні резонансні системи. Метою даної роботи було дослідження можливостей застосування біконічних резонаторів для вимірювання параметрів діелектричних плівкових матеріалів. Вважалося, що досліджувана діелектрична плівка розташована в центральному перерізі резонатора (рис. 1). Робочим обрано коливання H_{011} типу, як найбільш добротне і чутливе до змін параметрів досліджуваного матеріалу.

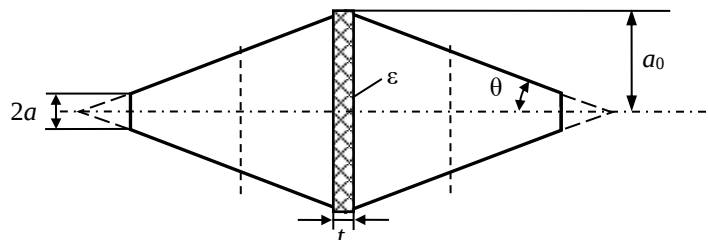


Рис. 1. Біконічний резонатор з досліджуваним зразком

Проведена оцінка впливу параметрів діелектричних зразків на характеристики резонатора. Були одержані залежності резонансної частоти і добротності біконічного резонатора для коливання H_{011} типу від діелектричної проникності ϵ та товщини t досліджуваного зразку. Встановлено, що залежність резонансної частоти від товщини плівки носить практично лінійний характер. Резонатор добре чутливий до зміни параметрів досліджуваного зразку, наприклад, для резонатора з радіусом $a_0 = 25$ мм і кутом $\theta = 30^\circ$ зміна товщини плівки з поліетилену ($\epsilon = 2,25$) всього на 0,05 мм викликає зміну резонансної частоти приблизно на 50 МГц. Навантажена добротність резонатора з міді, підключеного на прохід, зберігалася досить високою ($Q \geq 3000$) для зразків з відносною проникністю ($\epsilon \leq 4$) товщиною до 1 мм.

MEASUREMENT OF DIELECTRIC FILM PARAMETERS USING BICONIC RESONATORS

D. Volynets, S. Nikolov, D. Saltykov

Oles Honchar Dnipro National University
slavutich11.96@gmail.com

The paper is devoted to the study of the possibility of using biconical resonators for monitoring and measuring the parameters of dielectric films. The dependences of the resonant frequency and the Q-factor of the biconical resonator for the H_{011} mode on the dielectric constant and thickness of the investigated dielectric sample were obtained. It was found that the biconical resonator has good sensitivity to changes in the parameters of the test film, while the Q-factor of the resonator was kept quite high ($Q \geq 3000$) for samples made of a dielectric with $\epsilon \leq 4$ and a thickness of up to 1 mm.

ТЕМПЕРАТУРНО-СТІЙКІ МАТЕРІАЛИ НА II-VI СПОЛУКАХ

М. Сльотов¹, О. Сльотов²

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

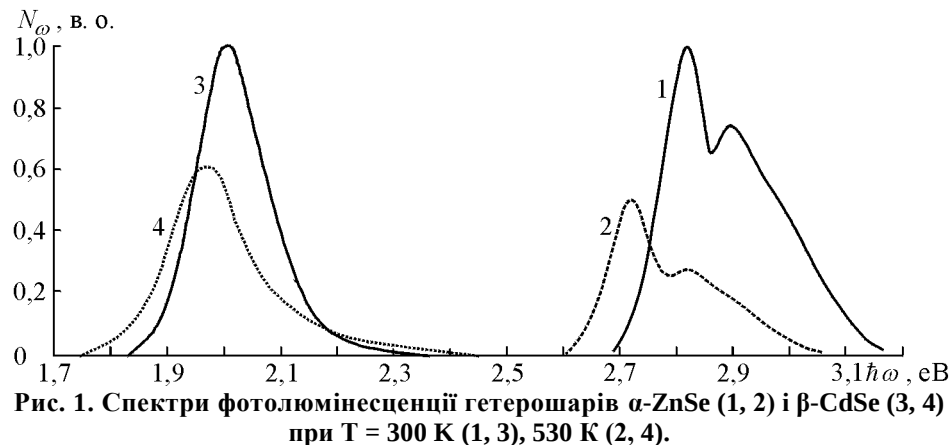
¹m.slyotov@chnu.edu.ua, ²o.slyotov@chnu.edu.ua

Важливою проблемою для сучасної твердотільної електроніки є можливість експлуатації приладів при екстремальних умовах. Відповідно для елементної бази постає завдання отримання напівпровідникових пристроїв з розширеними функціональними можливостями. До того ж, за таких умов необхідним є стійкість до впливу зовнішніх факторів фізико-технічних параметрів і характеристик, а для оптичних сенсорів – висока ефективність генераційно-рекомбінаційних процесів, особливо у випадку мало опанованої короткохвильової області. Вказане зумовлює важливість пошуку і заміни широко вживаних напівпровідників (Ge, Si, III-V-сполуки) більш широкозонними II-VI-сполукам.

Встановлена температурна стійкість матеріалів на основі халькогенідів кадмію і цинку при наявності в них ізовалентних домішок (ІВД) Вони утворюються елементами II і VI груп при відповідних технологічних умовах їх введення. Для цього використовувався метод ізотермічного відпалу базових II-VI сполук у парах вказаних елементів у вакуумованих до 10^{-4} Торр. кварцових ампулах. Умови рівноважного введення елементів забезпечує отримання при відповідних температурах поверхневих шарів, які є активними областями у переважаючій більшості приладів електроніки. Структурні властивості отриманих шарів визначалися за методами рентгенівської топографії і двокристалльної дифрактометрії. Спектри фотолюмінесценції (ФЛ), оптичного відбивання (ОВ) і фоточутливості вимірювалися на універсальній установці як за класичною методикою, так і з використанням λ -модуляції. Останнє дозволило встановити складові смуги сумарних спектрів та визначити за їх властивостями природу генераційно-рекомбінаційних процесів.

Зміна технологічних умов забезпечує елементам II і VI груп умови формування ІВД чи утворення шарів нової хімічної сполуки, тобто гетерошарів (ГШ). Так легування Mg чи O₂ призводить до утворення шарів ZnSe:Mg, CdTe:Mg чи CdTe:O. Зазначимо, що при додатковому відпалі ZnSe:Mg на повітрі утворюється ZnO:Mg [1]. Відпал при оптимальних умовах підкладок β -ZnS, α -CdS, α -CdSe забезпечують стабільність гексагональної (α) і кубічної (β) модифікацій ґратки і незмінність параметрів та властивостей ГШ α -ZnSe/ α -CdSe, α -ZnSe/ α -CdS, β -ZnSe/ β -ZnS, β -CdSe/ β -ZnSe, α -CdTe/ α -CdS і твердих розчинів заміщення α -ZnSe_xS_{1-x}. У таких ГШ роль ІВД грають залишкові (не повністю заміщені) атоми базового кристалу, наприклад β -ZnSe + Cd $\rightarrow$ β -CdSe + Zn чи α -CdSe + Zn $\rightarrow$ α -ZnSe + Cd. Важливим для їх практичного використання є інтенсивне випромінювання у крайовій області з високою квантовою ефективністю $\eta = 8-12\%$. Зазначимо, що, наприклад, на нелегованому CdTe люмінесценція не спостерігалася, а для ZnSe – $\eta = 0,1-0,4\%$. Легування ІВД обумовлює випромінювання, яке при $\hbar\omega > E_g$ визначається міжзонними переходами вільних носіїв заряду і при $\hbar\omega \leq E_g$ – анігіляцією зв'язаних на ІВД екситонів. Структурні дослідження дозволили встановити незначну локальну деформацію тетраедра кристалічної ґратки. Саме вона зумовлює локалізацію потенціалу атомів і істотну деформацію хвильової функції носіїв заряду ІВД [2]. Як наслідок, екситон захоплюється ІВД, що визначає високу інтенсивність випромінювання, а, головне,

сприяє його температурній стабільності [3]. Слабка температурна залежність інтенсивності люмінесценції показана на прикладі ГШ β -CdSe і α -ZnSe нестандартної кристалічної модифікації, рис. 1.



Крайове випромінювання зменшується у 2,5 рази при зміні $T = 300$ К до 550 К. Аналіз впливу температури виявив зменшення інтенсивності випромінювання у співвідношенні 0,8 і 0,86 на користь міжзонної рекомбінації. Зменшення внеску екситонної смуги пояснюється впливом температури на енергію зв'язку електронно-діркової пари та її з центром. Важливим є експериментально встановлена повторюваність характеру зміни спектрів та інтенсивності при багатократних вимірюваннях впродовж двох років. Така висока температурна стабільність з часом та повторюваність властивостей, характеристик та параметрів можуть бути використані, зокрема, у різного типу сенсорах при реєстрації температури.

- [1] Слётков М.М., Косоловский В.В., Слётков А.М., Ульяницкий К.С. Сенсоры с изовалентными примесями // Сенсорная микроэлектроника и микросистемные технологии. Т. 8 (2). (2011). С. 71-75.
- [2] Махний В.П., Раранский М.Д., Слётков А.М., Ткаченко И.В. Влияние примеси магния на структуру, спектры люминесценции и отражения кристаллов ZnSe // Неорганические материалы. Т.40(9). (2004). С. 1-4.
- [3] Фистуль В.И. Атомы легирующих примесей в полупроводниках (состояние и поведение). М.: Физматлит. (2004). 432 с.

THERMO-RESISTANT MATERIALS ON THE BASE OF II-VI COMPOUNDS

M. Slyotov¹, O. Slyotov²

Yury Fed'kovich Chernivtsi National University

¹ m.slyotov@chnu.edu.ua, ² o.slyotov@chnu.edu.ua

The properties of II-VI compounds doped with isovalent impurities were investigated. The high quantum efficiency of their radiation in the boundary region has been established. It is determined by the processes of isovalent impurity introduction into the tetrahedra of the crystal lattice. Such local deformation determines the high temperature, including 550 K, stability of radiation characteristics and properties in the boundary region.

СТРУКТУРНІ, СУБСТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ПЛІВОК ZnO, НАНЕСЕНИХ ДРУКОМ НАНОЧОРНИЛАМИ НА ГНУЧКІ ПІДКЛАДКИ

О. Доброжан, Р. Пшеничний, Д. Курбатов, А. Опанасюк

Сумський державний університет

dobrozhan.a@gmail.com, opanasjuk_sumdu@ukr.net

У наш час все активніше розвивається напрямок пов'язаний зі створенням приладів гнучкої електроніки з використанням дво- та тривимірного друку. Так, вже розробляються гнучкі фотоелектричні перетворювачі, термоелектричні генератори, сенсори, тощо. Серед різних видів друку електроніки особливу увагу приділяють двовимірному інжекційному, тривимірному та спреї-методу [1]. Серед них, спреї-метод друку має такі переваги як масштабованість, дешевизна та можливість нанесення плівок на різні типи підкладок, включаючи гнучкі [2]. Серед матеріалів, які використовуються для створення функціональних елементів електронних приладів, особливу увагу привертає напівпровідникова сполука ZnO, яка характеризується хорошими фізико-хімічними властивостями та, зокрема, використовується у приладах фотовольтаїки, термоелектрики, сенсорики, тощо.

Для створення гнучкої електроніки перспективним є використання наноматеріалів, розміщених в органічній матриці, що дозволяє створювати покриття, які є стійкими до деформацій та розтягувань, що дозволяє приладам мати потрібні експлуатаційні характеристики. Серед методів синтезу нанокристалів ZnO особлива увага приділяється синтезу у поліольно-колоїдних розчинниках. Він дозволяє отримати наноматеріал з контрольованими фізико-хімічними властивостями, є дешевим, швидким та масштабованим. Експлуатаційні характеристики приладів електроніки залежать від фундаментальних характеристик плівок, які визначаються режимами отримання. Зокрема, вивчення структури, субструктури, оптичних та морфологічних властивостей, хімічного складу плівок, отриманих при різних фізико-хімічних режимах дає можливість розширити область застосувань таких функціональних елементів у приладах гнучкої друкованої електроніки. У зв'язку з цим, у роботі були вивчені структурні та субструктурні властивості та хімічний склад плівок ZnO, отриманих спреї-методом на гнучких, а саме поліамідних підкладках, з використанням синтезованих раніше нанокристалів.

Нанокристали ZnO були синтезовані з використанням поліольно-колоїдного методу. При цьому суміш 8,8 г цинку ацетату дигідрату, 40 мл етиленгліколю, 1,76 г полівінілпіролідону нагрівалася до 160 °C (швидкість нагріву 16 °C/хв) та витримувалася протягом 180 хв. Вибірki матеріалу проводилася при різному часі росту нанокристалів: 30 хв, 60 хв, 120 хв, 180 хв. Наночорнила для спреї нанесення були утворені шляхом диспергування 4 мл свіжосинтезованих нанокристалів, вирощених протягом 120 хв, у 6 мл дистильованої води. Плівки ZnO наносилися спреї-методом, з використанням раніше розробленого обладнання, на нагріту до 150 °C підкладку у атмосфері. При цьому відстань між соплом розпилювача та підкладкою становила 15 см; було виконано 20 циклів нанесення; час циклу розпилення становив 3 с; пауза між циклами складала 5 с. Як підкладка використовувався гнучкий поліамід (каптон) із розмірами 5 см x 2 см x 125 мкм, попередньо очищений в ізопропиловому спирті. Після нанесення, плівки ZnO були відпалені при температурах $T_{відп.} = 200, 275, 400$ °C та часі відпалу $t_{відп.} = 10$ хв, 60 хв.

Морфологічні властивості нанокристалів та плівок ZnO вивчалися за допомогою атомно-силового мікроскопу, просвічувального та сканувального електронного

мікроскопів. Хімічний аналіз проводився з використанням методу енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії. Структурні та субструктурні характеристики нанокристалів та плівок ZnO вивчалися методом рентгенодифрактометричного аналізу.

Встановлено, що нанокристали ZnO були однофазними та змінювали свої розміри $d = (12,0-17,3) \pm 3$ нм у залежності від часу росту $t_{\text{рост.}} = (30-180)$ хв. Показано, що нанокристали вступають у стадію дозрівання Освальда при $t_{\text{рост.}} = 120$ хв. Утворені плівки ZnO характеризувалися однофазністю та містили нанокристали в органічній матриці, об'єм якої зменшувався при збільшенні температури та часу відпалу, що підтверджувалось результатами досліджень методом атомно-силової мікроскопії. Структурні та субструктурні характеристики нанокристалів та плівок покращувалися при збільшенні часу росту $t_{\text{рост.}}$, температури $T_{\text{відп.}}$ та часу $t_{\text{відп.}}$ відпалу. Утворені матеріали характеризувалися надлишком кисню у своєму складі та рівномірним розподілом хімічних елементів за поверхнею. Плівки були суцільними, мали добру адгезію до поверхні підкладки та товщину $t = 2 \pm 0,4$ мкм. Нанокристали та плівки показували хороші оптичні характеристики, мали ширину забороненої зони $E_g = 3,3 \pm 0,1$ еВ та коефіцієнт пропускання $T = 60-80$ %.

Плівки ZnO досліджені у даній роботі володіють властивостями придатними для використання у гнучких мікроприладах електроніки, зокрема у фото- та термоелектричних перетворювачах.

- [1] L. Nayak, S. Mohanty, S. Nayak, A. Ramadoss. A Review on Inkjet Printing of Nanoparticle Inks for Flexible Electronics. Journal of Materials Chemistry C. Vol. 7. (2019). P. 8771–8795.
- [2] W. Wu. Stretchable Electronics: Functional Materials, Fabrication, Strategies Applications. Science Technology of Advanced Materials. Vol. 20. (2018). P. 187–224.

STRUCTURAL, SUBSTRUCTURAL PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF FLEXIBLE ZNO FILMS DEPOSITED BY SPRAY PRINTING OF NANOINKS

O. Dobrozhan, R. Pshenychnyi, D. Kurbatov, A. Opanasyuk

Sumy State University

dobrozhan.a@gmail.com, opanasyuk_sumdu@ukr.net

In this work, flexible ZnO films were obtained by spray printing of polyol-mediated nanocrystals. ZnO films were thermally treated at 200-400 °C in the ambient atmosphere for 10 and 60 min. Morphological, structural, substructural properties and chemical composition were investigated in synthesized and deposited ZnO films. Phase composition, pole density, orientation factor, scattering domain sizes, level of microdeformations, microstrains, density of dislocations, lattice volume and parameters, nanocrystal sizes, roughness, chemical composition, optical features were studied for synthesized nanocrystals, as-deposited and thermally treated ZnO films.

X-ray analysis, transmission and scanning electron microscopy, atomic-force microscopy, IR spectroscopy, energy disperse X-ray spectroscopy were used to investigated obtained ZnO nanocrystals and films.

The developed ZnO films possess the fundamental properties suitable for the application in the electronic microdevices, particularly in the solar cells and thermoelectric generators.

ВПЛИВ ДОМІШОК Nb_2O_5 ТА Bi_2O_3 НА ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ОКСИДНО-ОЛОВ'ЯНИХ ВАРИСТОРІВ

А. Мельников, О. Гапонов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
melnikovweb@gmail.com

До приладів функціональної електроніки, що застосовуються для захисту різних пристроїв від перенапруги, відносяться керамічні варистори на основі оксиду олова. Вони мають досить велике значення коефіцієнта нелінійності β , але, водночас, і великі значення класифікаційної напруженості електричного поля E_1 та питомого опору зерен ρ . Для зменшення значення E_1 до складу кераміки додають оксиди з низькою температурою плавлення, а для зменшення значення ρ – донорні до оксиду SnO_2 домішки. В представленій роботі з цією метою використані відповідно оксиди Bi_2O_3 і Nb_2O_5 .

Кераміка $(98,95-x-y) SnO_2 - 1,0 Co_3O_4 - x Nb_2O_5 - 0,05 Cr_2O_3 - y Bi_2O_3$, де $x = 0,1; 0,3; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5$ і $y = 0; 0,5; 1,0$ мол. %, була спечена при $1350^\circ C$ (3 год.), створено по 3 електроди на кожному зразку, досліджені їх електричні характеристики та розраховані параметри.

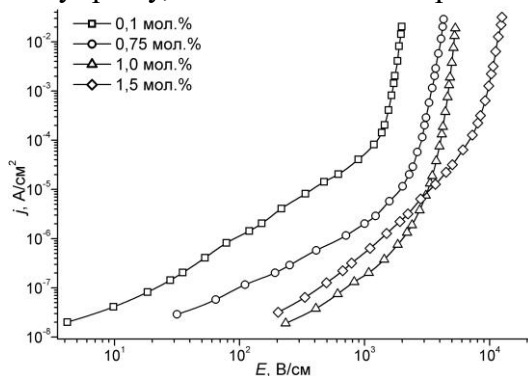


Рис. 1. Залежності густини струму j від напруженості електричного поля E кераміки $SnO_2 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3$ з домішкою 0,5 мол. % Bi_2O_3 і різною концентрацією оксиду Nb_2O_5

Табл. 1. Параметри кераміки $SnO_2 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3$ з домішкою 0,5 мол. % Bi_2O_3 і різною концентрацією Nb_2O_5

Nb_2O_5 , мол. %	γ , %	β	E_1 , $V \cdot cm^{-1}$	σ , $Om^{-1} \cdot cm^{-1}$
0,1	10,0	60	1670	$4,8 \cdot 10^{-9}$
0,75	14,0	49	3430	$9,2 \cdot 10^{-10}$
1,0	14,0	80	4670	$8,1 \cdot 10^{-11}$
1,5	13,0	46	9640	$1,6 \cdot 10^{-10}$

При введенні до складу кераміки оксиду вісмуту збільшується середній розмір зерен SnO_2 і, відповідно, зменшується значення E_1 . При підвищенні концентрації оксиду Nb_2O_5 до 1,5 мол. % збільшується значення E_1 до 9640 В/см (табл. 1) і зменшується електропровідність в слабкому полі σ (рис. 1). Найбільшу нелінійність ВАХ ($\beta = 80$) і значення усадки $\gamma = 14$ при найменшому значенні σ ($8,1 \cdot 10^{-11} Om^{-1} \cdot cm^{-1}$) має кераміка з концентрацією домішки Nb_2O_5 1 мол. %. Досить великий вміст оксиду Nb_2O_5 у зразках (1,5 мол. %) погіршує спікання кераміки й призводить до утворення невисоких потенціальних бар'єрів на межах зерен SnO_2 .

THE EFFECT OF Nb_2O_5 AND Bi_2O_3 ADDITIONS ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF TIN OXIDE BASED VARISTORS

A. Melnikov, O. Gaponov

Oles Honchar Dnipro National University
melnikovweb@gmail.com

The addition of Bi_2O_3 to the $SnO_2 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3$ ceramic system resulted in the higher grain size SnO_2 and the lower breakdown electric field E_1 . The enhancement of Nb_2O_5 concentration increases the electric field E_1 and the nonlinear coefficient β up to 80.

ФОТОЧУТЛИВІ СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ШАРІВ II-VI СПОЛУК

М. Сльотов¹, О. Сльотов²

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

¹ m.slyotov@chnu.edu.ua, ² o.slyotov@chnu.edu.ua

Фоточутливі структури широко використовуються у сучасних електронних приладах і застосовуються у різних областях науки, техніки, екологічних і медичних системах, біотехнології тощо. Вони можуть виготовлятися як окремі пристрої (фотодіоди, сонячні елементи тощо), так і різного типу системи відображення інформації та прилади інтегральної оптики. Важливим для них постає можливість використання при екстремальних умовах, зокрема, високих температурах і рівнях радіації. Широко використовувані класичні напівпровідники (Si, Ge, III-V сполуки) часто не забезпечують відповідні при вказаних умовах характеристики і параметри. Тому актуальним питанням є пошук нових матеріалів і технологій їх отримання.

Проведені дослідження виявили перспективність як використання шарів II-VI сполук у фотоприладах, так і методу їх виготовлення. При їх отриманні утворюються гетероперехід з відповідними до випрямляючого бар'єру властивостями. Вирощування проводилося методом ізотермічного відпалу базових підкладок II-VI сполук у насиченій парі ізовалентних елементів [1]. За таких умов процес дифузії визначає реакцію ізовалентного заміщення у катіонній чи аніонній підгратці підкладки. Утворюється поверхневий шар іншого хімічного складу, наприклад $\text{ZnSe} + \text{Te} \rightarrow \text{ZnTe} + \text{Se}$. Залишкові атоми (відповідно Se) відіграють роль ізовалентної домішки (ІВД). Такого типу домішки впливають на кристалічну ґратку, що обумовлює істотне підвищення ефективності генераційно-рекомбінаційних процесів, а також сприяє підвищенню температурної і радіаційної стійкості.

Методом ізовалентного заміщення отримано фотодіоди. Виготовлені гетеропереходи забезпечують чутливість у діапазоні 0,38-0,82 мкм з високою виявляючою здатністю при 300 К. Головні параметри деяких з основних виготовлених приладів і пристроїв наведено у таблиці. У ній отриманий ізовалентним заміщенням гетерошар вказано першим.

Таблиця 1. Параметри фотодіодів

Структури	$\Delta\lambda$, мкм	S_{λ_m} , А/Вт
pZnTe-nZnSe	0,51-0,68	0,3
nCdTe-pZnTe	0,56-0,83	0,4
pCdTe-nCdS	0,54-1,0	0,4

До того ж, $\Delta\lambda$ це область спектральної чутливості, а S_{λ_m} – максимальна монохроматична чутливість. Відмітимо, що фотодіоди характеризуються великим діапазоном лінійності при експлуатації в режимі короткого замикання і виявляючою здатністю при 300 К не менше $10^{13} \text{ В}^{-1} \cdot \text{см} \cdot \text{Гц}^{1/2}$.

Зазначимо, що виготовлені методом ізовалентного заміщення гетероструктури nCdTe-pZnTe і pCdTe-nZnTe також можуть бути ефективними детекторами лазерного випромінювання, особливо He-Ne-лазера [2]. Як відомо, такі джерела відіграють важливу роль як у різного типу екологічних і біологічних системах, так і при дослідженні різноманітних оптично-анізотропних шарів. Останні вимірювання дозволяють детектувати особливості структури за методом диференціальної Мюллер-матричної поляризації.

Ефективні сенсори оптичного випромінювання можуть бути виготовлені на основі поверхнево-бар'єрних структур. Зокрема, на отриманих гетерошарах *ZnSe*, *ZnS* і *GaN* отримано чутливість, яка охоплює ультрафіолетову (УФ) область. Спектральні криві фоточутливості виготовлених структур метал-напівпровідник наведено на рис.1.

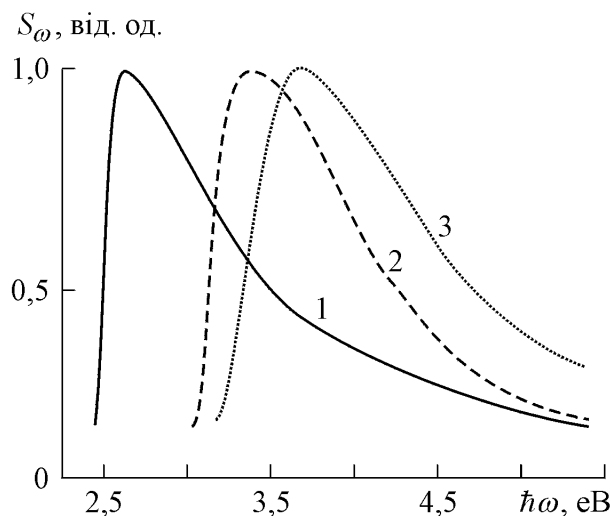


Рис. 1. Спектри фоточутливості контактів: *Ni – ZnSe* (1), *Ni – GaN* (2) та *Ni – ZnS* (3) при 300 К.

Максимум спектрального розподілу припадає на область енергій фотонів, яка відповідає ширині забороненої зони матеріалу. Струм короткого замикання отриманих діодів I_{sc} лінійно залежить від потужності опромінення P в широкому інтервалі зміни. При збільшенні P напруга холостого ходу V_{oc} прямує до насичення, а максимальне значення визначається головним чином висотою бар'єра ϕ_0 і густиною темного струму I_0 .

- [1] Makhniy V.P., Baranjuk V.Ye., Demich M.V., Melnik V.V., Malimon I.V., Slyotov M.M., Sobistchanskiy B.M., Stets E.V. Isovalent substitution – a perspective methods of producing heterojunction optoelectronic devices // *Proceedings of SPIE*. 4425. (2000). P. 272-276.
- [2] Makhniy V.P., Baranyuk V.Ye., Slyotov M.M., Stets O.V. II-VI compounds wide-band barrier detectors of He-Ne-laser // *Proceedings of SPIE*. 4607. (2001). P. 345-348.

PHOTOSENSITIVE STRUCTURES ON THE BASE OF II-VI COMPOUNDS LAYERS

M. Slyotov¹, O. Slyotov²

Yury Fed'kovich Chernivtsi National University

¹ m.slyotov@chnu.edu.ua, ² o.slyotov@chnu.edu.ua

The layers of II-VI compounds were obtained by the method of isovalent substitution. Based on them, photosensitive photostructures were made. The spectral range of their sensitivity is determined by the material and construction. For photodiodes, the sensitivity range is 0.38-0.82 μm . In the case of wide-gap materials, surface-barrier structures are characterized by sensitivity in the short-wave region, including ultraviolet, namely 0.206-0.45 μm .

ДЕТЕКТОРИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ TiN/n-SiC

І. Шведюк, М. Солован, Г. Пархоменко

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
vanyashved1806@ukr.net*

Карбід кремнію (SiC) – матеріал, який знаходить практичне застосування в детекторах ультрафіолетового випромінювання. Фотоприймачі на основі SiC дозволяють досягти високого співвідношення сигнал - шум. Це робить їх ідеальними фотоприймачами для моніторингу ультрафіолетового спектру. Нітрид титану TiN - це матеріал із широкою забороненою зоною з хорошими фізико-хімічними параметрами.

Гетероструктури виготовлялись нанесенням тонких плівок TiN на попередньо поліровану поверхню пластини SiC (5×5×0,36мм) в універсальній вакуумній установці Leybold – Heraeus L560 за допомогою реактивного розпилення мішені чистого титану в середовищі суміші газів аргону і азоту, при постійній напрузі. Використовувалось короткочасне протравлювання бомбардувальними іонами аргону поверхні мішені та підкладки для видалення неконтрольованого забруднення. Під час процесу напилення парціальні тиски у вакуумній камері становили ~ 2,4mbar для аргону і ~ 4,8mbar для азоту. Потужність магнетрона ~ 120Вт. Процес напилення проходив протягом ~ 15хв, при температурі підкладки 250°C. Тонкі плівки TiN також були напилені на скляні підкладки для визначення оптичних параметрів тонких плівок. Отримані плівки володіли n-типом провідності.

Досліджено електричні властивості гетеропереходів TiN/n-SiC при різних температурах, визначено висоту потенціального бар'єру, встановлено домінуючі механізми струмопереносу. Продуктивність фотоприймача оцінено за допомогою визначеної чутливості і детективності. Встановлено, що досліджувані гетеропереходи TiN/n-SiC можна успішно використовувати як детектори ультрафіолетового випромінювання.

DETECTORS OF ULTRAVIOLET RADIATION BASED ON HETEROSTRUCTURE TiN/n-SiC

I. Shvediuk, M. Solovan, G. Parkhomenko

*Chernivtsi National University Yu. Fedkovich
vanyashved1806@ukr.net*

The electrical properties of TiN/n-SiC heterostructure were investigated at different temperatures, were determined the height of the potential barrier and the dominant mechanisms of current transfer. The performance of the photodetector is evaluated using a certain sensitivity and detectability. It has been established that the investigated TiN/n-SiC heterostructure can be successfully used as ultraviolet radiation detectors.

ВИКОРИСТАННЯ КРИСТАЛІВ $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НАДСПЕКТРАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ

О. Кінзерська, І. Сенко

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
oksanakinzerska@gmail.com

Використання матеріалів з широким спектральним діапазоном є одним із можливих шляхів підвищення фізико-технічних параметрів та експлуатаційних можливостей оптико-електронних систем. Таким матеріалом є селенід цинку, оскільки він володіє високою температурою плавлення, стійкістю до дії атмосфери, механічною міцністю і значним оптичним пропусканням 50-60% в широкому діапазоні довжин хвиль (0,5-20 мкм) [1,2]. Врахуємо також те, що прозорість ZnSe в видимому діапазоні сильно спрощує юстування оптичних систем з елементами на його базі в порівнянні з аналогічними пристроями на основі GaAs і CdTe . Однак, такі оптичні властивості характерні тільки для високочистих монокристалів селеніду цинку, які на жаль, мають дуже низьку стійкість до дії різного типу іонізуючих випромінювань та потужних лазерних потоків. Цих недоліків, можна позбутись шляхом легування кристалів ZnSe ізовалентною домішкою телуру в процесі росту. Такі кристали характеризуються високими термічною (~ 500 K) і радіаційною ($\sim 10^7$ рад) стійкостями, часовою стабільністю, а також високою ефективністю ($\sim 30\%$ при 300 K) радіолюмінесценції. Недоліком кристалів $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ є відсутність пропускання при $\lambda \approx 6$ мкм (рис. 1), що не дозволяє використовувати їх в широкосмугових так званих надспектральних оптичних системах [2]. В даній роботі обговорюються можливості розширення області прозорості кристалів $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ при збереженні їх термічної та радіаційної стійкостей.

Одним із можливих шляхів розширення області прозорості таких кристалів є легування їх рідкісноземельними елементами (РЗЕ). Так в роботі [3], доведено, що введення РЗЕ в кристали чи епітаксійні плівки сполук A^3B^5 в процесі росту призводить до ефективного очищення їх від фонових домішок. Подібний ефект спостерігався нами раніше при легуванні кристалів ZnSe домішкою Yb з парової фази в закритому об'ємі [4]. Перевагою такого методу в порівнянні з методом [3] є можливість його використання для вже вирощених кристалів чи шарів з вмістом різних домішок.

Об'єктами досліджень є кристали, вирощені з розплаву під дію інертного газу і леговані в процесі росту ізовалентною домішкою телуру. Вирізані з об'ємного кристалу $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ пластинки типорозміром $5 \times 5 \times 1$ мм³ проходили поетапні механічне та хімічне полірування в розчині $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{HCl}=2:3$, та відмивались в дистильованій воді. Якість поверхні контролювалось візуально за появою об'ємної помаранчевої люмінесценції, характерної для кристалів $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ під дією N_2 -лазера. Спектри оптичного пропускання T_λ об'єктів досліджень вимірювались в спектральному діапазоні 1-25 мкм з допомогою ІЧ-Фур'є спектрофотометра NICOLET 6700. Типовий спектр оптичного пропускання кристалів $\text{ZnSe}<\text{Te}>$, представлений кривою 1 на рис. 1 та обмежується діапазоном довжин хвиль 0,5-6 мкм, що робить його непридатним для використання в надспектральних системах. Відсутність пропускання при $\lambda \approx 6$ мкм, напевно обумовлена переходами електронів з валентної зони на рівні з енергією іонізації 0,2 еВ. Ця величина близька до величини глибини залягання від'ємних однозарядних вакансій цинку V_{Zn}' в кристалах $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ з концентрацією 10^{22} см⁻³. При перетворенні її з однозарядної в двохзарядну вакансію цинку V_{Zn}'' , остання може об'єднуватись з додатною однозарядною вакансією селену $V_{\text{Se}}^{\bullet}$ і утворювати асоціати $V_{\text{Zn}}''V_{\text{Se}}^{\bullet}$, які відповідають за

помаранчеву смугу люмінесценції селеніду цинку. Отже, для збільшення пропускання в ІЧ-області необхідно зменшити концентрацію однозарядних вакансій цинку.

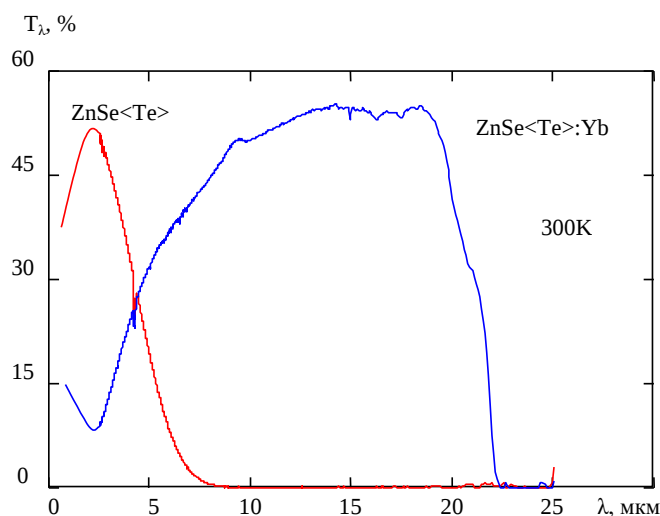


Рис. 1. Спектр оптичного пропускання об'єктів дослідження

Легування підготовлених підкладинок $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ домішкою Yb здійснювалось шляхом дифузії парової фази в закритому об'ємі [4]. Спектри оптичного пропускання підкладинок $\text{ZnSe}<\text{Te}>:\text{Yb}$ наведені на рис. 1, крива 2, показують, що легування ітербієм відновлює спектр оптичного пропускання до значень 35-50%, який є типовим для бездомішкових кристалів ZnSe , що не пройшли спеціальної обробки поверхні. Разом з тим, кристали $\text{ZnSe}<\text{Te}>:\text{Yb}$ мають більш високу температурну та радіаційну стійкість, завдяки наявності ізоваленої домішки телуру.

- [1] Гаврищук Е.М. Оптические элементы из сульфида цинка и селенида цинка для инфракрасной техники / Гаврищук Е.М., Яшина Э.В. // Оптический журнал. – 2005. – №7. – С. 57-59.
- [2] Сеник Б.Н. Применение кристаллов в перспективных разработках гиперспектральных оптических систем // Прикладная физика. – 2007. – №3. – С.134-141.
- [3] Гореленюк А.Т., Каманин А.В., Шмидт Н.М. Редкоземельные элементы в технологии соединений АІІВV и приборов на их основе / Гореленюк А.Т., Каманин А.В., Шмидт Н.М. // ФТП. -2003. – Т.37., В.8. – С.922-940.
- [4] Makhniy V.P. «Purification effects» in zinc selenide crystals doped with ytterbium from vapor phase / Makhniy V.P., Kinzerska O.V., Senko I.M. / Telecom. and Radio Engineering. – 2017. – V.75.,I.3. – P. 279-284

THE USE OF CRYSTALS $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ TO CREATE OVER THE SPECTRAL OPTICAL SYSTEMS

O. Kinzerska, I. Senko

*Yuri Fedkovych Chernivtsi National University
oksanakinzerska@gmail.com*

The prospects for the use of molten $\text{ZnSe}<\text{Te}>$ crystals after their additional doping with rare-earth elements to create superspectral optical elements with elevated temperature and radiation resistance are discussed.

SYNTHESIS AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF NEW SODIUM-CONTAINING SOLID ELECTROLYTES

I. Studenyak, A. Pogodin, V. Studenyak, O. Kokhan

Uzhhorod National University

studenyak@dr.com

Superionic conductors of argyrodite type are promising for applications as solid electrolytes, supercapacitors, ion-selective membranes, and other electrochemical devices [1, 2]. Besides the mono- and polycrystalline forms, they can be fabricated as nanoparticles embedded in organic polymer matrices or in liquid crystals, as ceramics and thin films. In the last decade, lithium-containing $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) argyrodite superionic conductors have been actively studied as promising materials for all-solid-state batteries [3]. Therefore, very interesting to search for new argyrodite-type superionic materials with alkali metal cations, in particular sodium-containing ones.

$\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ and $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$ were synthesised from high-purity elemental components. A two-temperature synthesis method was employed. The specially designed container with the loaded components was placed in a two-zone vertical resistive oven with electronically controlled temperatures. $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ and $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$ were synthesised by stepwise temperature increase with aging at 423 K for full fixation of sulphur and phosphorus. At such conditions sodium does not react with the container material while the interaction with the sulphur vapour is slow, without intense heat liberation. Further heating was performed at a rate of 50 K/h up to the maximal temperature of 1125 K (for $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$) or 1070 K (for $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$) which is 50 K above the melting point for NaCl and NaBr, respectively. After aging at this temperature for 24 h the melt was cooled to 773–853 K (30 to 50 K above the crystallisation point) with 24 h aging and further cooled down to room temperature at a rate of 50 K/h. The synthesis resulted in visually polycrystal-like materials of white or light yellow colour. The specimens obtained did not stick to the quartz container or interact with its material. The materials synthesised appeared to be rather hygroscopic what encumbered their subsequent studies.

Electric conductivity of $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ and $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$ was measured by the impedance spectroscopy in the frequency range from 10 Hz to 300 kHz using a high-precision Applent AT 2818 LCR meter. The measurements were performed at room temperature by a two-electrode method using gold electron blocking contacts. The frequency dependences of total electrical conductivity for $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ and $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$ have shown that the conductivity appears to increase with frequency, being higher for $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$, for which at the frequency of 1 kHz it is 8.05×10^{-5} S/cm while for $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$ it is 4.15×10^{-5} S/cm. These values of conductivity are in agreement with those reported for lithium-containing argyrodites of this family.

- [1] Nilges T., Pfitzner A. A structural differentiation of quaternary copper argyrodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. *Z. Kristallogr.* Vol. 220. (2005). P. 281-294.
- [2] Studenyak I.P., Kranjčec M., Kurik M.V. Urbach rule and disordering processes in $\text{Cu}_6\text{P}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_5\text{Br}_{1-y}\text{I}_y$ superionic conductors. *J. Phys. Chem. Solids.* Vol. 67. (2006). P. 807-817.
- [3] Deiseroth H.-J., Kong S.-T., Eckert H., Vannahme J., Reiner C., Zaiß T., Schlosser M. $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$: a class of crystalline Li-rich solids with an unusually high Li^+ mobility. *Angew. Chem. Int. Ed.* Vol. 47. (2008). P. 755–758.

МОДИФІКАЦІЯ НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn ВОДНЕМ

О. Коваленко, В. Воровський, В. Балабуха

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com*

Зацікавленість до розбавлених магнітних напівпровідників (МНП) обумовлена можливістю їх використання у приладах спінтроники. Оксид цинку, легований марганцем (ZnO:Mn), входить до класу цих матеріалів. Завдяки своїм винятковим властивостям він останнім часом інтенсивно досліджується. Встановлено, що феромагнітні властивості (ФВ) нанокристалів (НК) ZnO:Mn при кімнатній температурі виникають під час низькотемпературного синтезу ($T < 500^{\circ}\text{C}$) та при умові наявності у НК значної кількості дефектів. Відомо, що модифікація поверхні НК напівпровідників приводить до зміни їх дефектного стану та енергетичних рівнів зонної структури. Це позначається у появі нових фізичних властивостей. Тому дослідження впливу модифікації поверхні НК ZnO:Mn на їх фізичні властивості є актуальним, бо воно дозволяє розширити практичне використання таких матеріалів при синтезі РМН. Одним із методів модифікації поверхні НК є їх термічна обробка воднем. Відомо, що водень під час відпалу при помірних температурах взаємодіє з киснем на поверхні НК ZnO, утворюючи велику кількість власних дефектів, гідроксильних груп та різних водневих комплексів [1]. При оцінці впливу процесу модифікації на властивості НК необхідно враховувати їх вихідний дефектний стан, який залежить від методу синтезу або режиму термічної обробки. Так НК ZnO:Mn, синтезовані методом ультразвукового піролізу аерозолі (УПА) формуються у нерівноважних умовах, що обумовлює наявність у них великої кількості дефектів [2]. У той же час такі НК, отримані методом криохімічного синтезу (КХС), мають не значну дефектність поверхні тому, що їх утворення відбувається протягом довгого часу у рівноважних умовах [3]. Важливо провести порівняльний аналіз впливу на фізичні властивості модифікації поверхні воднем НК ZnO:Mn, синтезованих різними методами.

Метою роботи було встановлення залежності магнітних характеристик зразків НК ZnO:Mn, отриманих методами УПА та КХС, від термічної обробки воднем.

Дослідженню підлягали зразки НК ZnO:Mn із концентрацією марганця 2 ат%, отримані раніше методами УПА та КХС за технологічними режимами, які приведені у роботах [3,4]. У якості вихідних компонентів при синтезі зразків цими методами використовувались розчини нітратів та сульфатів цинку і марганцю, а температура синтезів була $T = 550^{\circ}\text{C}$ та 850°C , відповідно. Модифікація поверхні НК проводилась шляхом термічної обробки зразків при температурі $T = 550^{\circ}\text{C}$ в інертному газовому середовищі у суміші газів азоту та водню ($\text{H}_2 : \text{N}_2 = 1:3$) протягом 20 хв. Охолодження зразків відбувалось короткотерміново (15 хв.) у потоці газоподібного азоту. Магнітні властивості зразків вивчались методом вібромагнітометрії на експериментальному вібромагнетометрі. Отримані результати приведені на рис. 1.

Дослідження зразка НК ZnO:Mn синтезованого методом УПА при температурі $T = 550^{\circ}\text{C}$ показало, що термічна обробка його воднем не приводить до зміни ФВ. Цей зразок після синтезу володіє ФВ (рис.1а, лінія 1). Аналіз кривої намагніченості зразка показує, що вона не має стану насиченості при великих магнітних полях. Це свідчить про наявність у зразку парамагнітної фази. Відпал зразка на повітрі при температурі $T = 550^{\circ}\text{C}$ протягом 20хв. зменшує його ФВ (лінія 3). Після термічної обробки при $T = 850^{\circ}\text{C}$ протягом 20 хв. ФВ зникають, а зразок набуває парамагнітних властивостей (рис.1а, лінія 4). Відпал цього зразка у водневому середовищі протягом 20 хв. при $T = 550^{\circ}\text{C}$ поновлює його ФВ (рис.1а, лінія 2). Отримані результати можуть бути пояснені зменшенням кількості дефектів НК ZnO:Mn під час відпалу на повітрі та збільшенням їх після термічної обробки зразка у водневому газовому середовищі.

Аналіз кривої намагніченості зразка, синтезованого методом КХС, показує, що у його складі існує незначна кількість феромагнітної фази, але у цілому він має парамагнітні властивості (рис.1б, лінія 1). Термічна обробка воднем повністю переводить його із парамагнітного у феромагнітний стан (рис. 1б, лінія 2). Порівнюючи криві намагніченості зразків НК ZnO:Mn

після обробки їх воднем можливо зробити висновок про те, що вони мають стан насиченості при великих магнітних полях, а у зразках присутня тільки феромагнітна фаза. Модифікація поверхні НК воднем приводить до зникнення парамагнітних та появи феромагнітних властивостей.

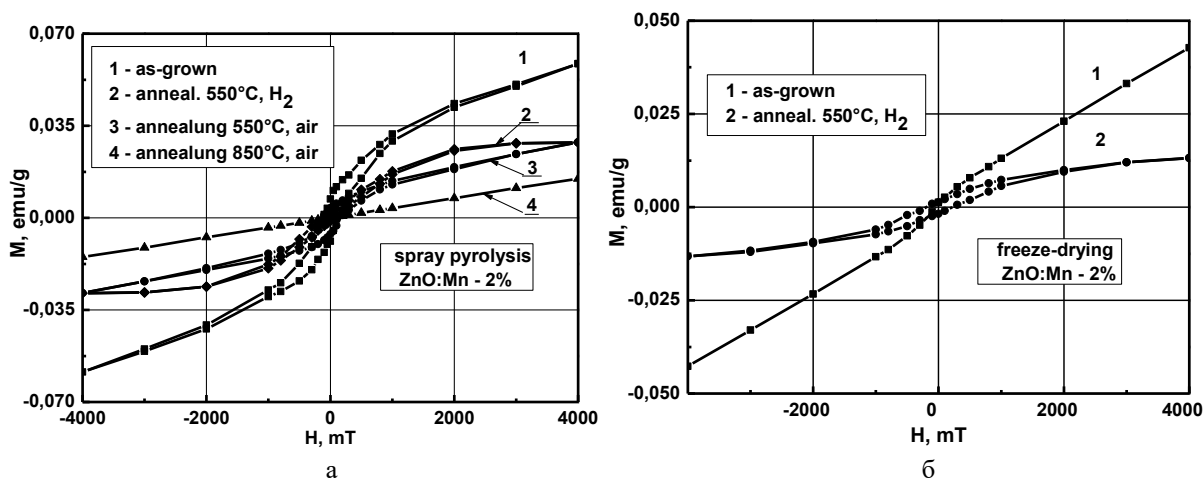


Рис 1. Криві намагніченості зразків НК ZnO:Mn (Mn-2at%), отриманих методом УПА (а) та методом КХС (б : 1- синтезований зразок, 2 – зразок після відпалу при температурі $T = 550^\circ\text{C}$ в суміші газів азоту та водню ($H_2:N_2 = 1:3$), 3 – зразок після відпалу на повітрі при температурі $T = 550^\circ\text{C}$, 4 – після відпалу на повітрі при температурі $T = 850^\circ\text{C}$.

Таким чином, було встановлено, що модифікація поверхні НК ZnO:Mn воднем збільшує ФВ зразків не залежно від способу їх отримання. При цьому показано, що відпал в атмосфері водню може відновити феромагнетизм зразків, який був втрачений під час відпалу на повітрі. Отримані результати можуть бути використані при розробці технологічних режимів синтезу РМН.

- [1] Lavrov E. V., Herklotz F., and Weber J. Identification of two hydrogen donors in ZnO. 2009, Phys. Rev. B, Vol. 79, 165210. p 1-13.
- [2] Vorovsky V.Yu., Kovalenko A.V., Kushneryov A.I., Khmelenko O.V. Preparation of zinc oxide nanopowders doped with manganese which have ferromagnetic properties at room temperature. J. Functional Materials, 25, 1, 2018, p. 1-6.
- [3] Буланый М.Ф., Воровский В.Ю., Коваленко А.В. Структура гранул магнитных нанопорошков никель-цинкового феррита, полученных криохимическим методом. Журнал нано-та електронної фізики, т.9. №3. (2017). с. 03036-03041

SURFACE MODIFICATION OF ZnO:Mn NANOCRYSTALS WITH HYDROGEN

A. Kovalenko, V. Thieves, V. Balabukha

Oles Honchar Dnipro National University
kovalenko.dnu@gmail.com

The effect of surface modification of ZnO: Mn nanocrystals with hydrogen on their magnetic properties was investigated. Modification was carried out by annealing the samples in a gaseous medium containing hydrogen. We studied samples obtained by ultrasonic pyrolysis of aerosol and freeze-drying method. It was found that annealing in a hydrogen gas medium increases the magnetization of the samples, regardless of the method of their preparation. It was shown that annealing in a hydrogen atmosphere can restore the ferromagnetic properties of samples that they lost during annealing in air.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗСУВУ ФЕДОРОВА-ЕМБЕРА НА МЕЖІ ДІЕЛЕКТРИКА З ФРАКТАЛЬНО КОНФІГУРОВАНИМ МЕТАМАТЕРІАЛОМ

Є. Шама, В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова

Національний університет «Запорізька політехніка»

onufr@zntu.edu.ua

Теорію фрактального шару [1] застосуємо для дослідження ефекту впливу фрактально конфігурованої границі на приріст фази та бічне зміщення хвиль височастотного (терагерцевого та оптичного) променя, що набуває повного внутрішнього відбиття при поширенні з фрактально конфігурованого середовища з більшою щільністю у середовище з меншою щільністю (бічний зсув Федорова-Ембера). Цей ефект зазвичай пояснюють впливом перехідного шару (у нашій моделі – фрактально конфігурованого) на межі розділу середовищ [2], зміною характеристичних параметрів атомної структури речовини, нанесенням на поверхню оптоволоконних плівок різного призначення для управління параметрами структури, захисних покриттів тощо.

Для розв'язування таких задач вводимо у розгляд диференціал $d^\alpha x$ вздовж однієї з координат (Ox у площині падіння електромагнітної хвилі) фрактальної межі розділу двох середовищ з показниками заломлення $n_1 = \sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}$; $n_2 = \sqrt{\varepsilon_2 \mu_2}$; $n_1 > n_2$ (ε_i, μ_i – відповідно діелектрична та магнітна проникності середовищ) та урахуємо його зв'язок з дробовою похідною $d^\alpha L(x) = {}_a D_x^\alpha L(x) d^\alpha x$, де дробову похідну ${}_a D_x^\alpha L(x)$ застосуємо у формі Рімана-Ліувілья.

Для задачі про падіння плоскої електромагнітної хвилі $\{\vec{E}(\vec{r}, t), \vec{H}(\vec{r}, t)\} = \{\vec{E}, \vec{H}\} e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$ на границю розділу двох середовищ, одне з яких – фрактальне зі скейлінгом α , з рівнянь Максвелла для дуже високих частот (в терагерцевому та оптичному діапазонах) визначаємо коефіцієнт рефракції фрактального середовища $n_{fr} = \frac{n_1}{n_2} (ik)^{1-\alpha} = \frac{n_1 fr}{n_2}$, де n_1, n_2 – показники заломлення середовищ ($n_1 > n_2$) без фракталізації, L – ейконал, $\vec{E}$ та $\vec{H}$ – вектори електричного і магнітного полів, хвильовий вектор $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{m}$, $\vec{m} = n\vec{n}$ – вектор рефракції, $\vec{n}$ – одиничний вектор фазової нормалі. Такий підхід дозволяє розглядати явища, перебіг яких пояснюється засобами геометричної оптики та хвильовою природою світла.

Вектори рефракції хвиль падіння, відбиття та проходження [3] визначаємо таким чином:

$$\vec{m}_{in} = \vec{b} + \eta_{1fr} \vec{q}, \quad \vec{m}_r = \vec{b} - \eta_{1fr} \vec{q}, \quad \vec{m}_t = \vec{b} + \eta_2 \vec{q}, \quad \eta_{1fr} = \sqrt{n_{1fr}^2 - \vec{b}^2}, \quad \eta_2 = \sqrt{n_2^2 - \vec{b}^2}, \quad (1)$$

де $\vec{q}$ – одинична нормаль до межі розділу середовищ, вектор $\vec{b}$ з модулем $|\vec{b}| = n_{1fr} \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$ (φ_1, φ_2 – кути падіння і заломлення) лежить на лінії перетину площини падіння і площини розділу середовищ. Хвиля проходження за умов повного

внутрішнього відбиття у фрактальне середовище стає неоднорідною з відповідним комплексним вектором рефракції $\vec{m}_t = \vec{b} + i\eta'_2$, $\eta'_2 = \sqrt{\vec{b}^2 - n_2^2}$, $\eta_2 = i\eta'_2$.

Визначимо у нашій моделі середній потік енергії у другому середовищі [3] як $\vec{S} = S_1 \frac{\vec{b}}{|\vec{b}|} + S_2 \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|}$, $\vec{a} = \vec{b} \times \vec{q}$, де повздовжнє зміщення відбитого пучка у напрямку вектора $\vec{b}$ (зсув Гуса-Хенхен) визначається компонентою S_1 , а ненульове значення компоненти S_2 описує бічний зсув Федорова-Ембера:

$$S_1 = \frac{c}{2\pi} |\vec{b}| e^{-\frac{2\omega\eta'_2}{c} z} \left(|A|^2 \varepsilon_2 \frac{(\eta_{1fr} \varepsilon_1)^2}{n_2^2 (\eta_{1fr} \varepsilon_1)^2 + n_{1fr}^2 (\eta'_2 \varepsilon_2)^2} + |B|^2 \frac{\mu_2}{\mu_1} \frac{(\eta_{1fr} \mu_1)^2}{n_2^2 (\eta_{1fr} \mu_1)^2 + n_{1fr}^2 (\eta'_2 \mu_2)^2} \right);$$

$$S_2 = \frac{c |\vec{b}| \varepsilon_1 n_{1fr}^2 \eta_2'^2}{\pi n_{1fr}} \operatorname{Im} \left(\frac{AB^*}{s^*} \right); \quad s = (\eta_1 \mu_2 + i \eta'_2 \mu_1)(\eta_1 \varepsilon_2 - i \eta'_2 \varepsilon_1), \quad (2)$$

де комплексні коефіцієнти задають поляризацію хвилі падіння, а знак в S_1 і S_2 визначає напрям бічного зсуву. За виразами (1) і (2) визначено значний вплив фрактальної межі на значення зсувів, їх максимуми та їх відсутність; для суцільного середовища, коли скейлінг $\alpha = 1$, результати моделі збігаються з класичними.

Розгляд моделі для планарного оптоволока показує її застосовність до опису фрактально конфігурованої межі середовищ для компенсації небажаних зсувів Гуса-Хенхен та Ембера-Федорова, а також для підсилення ефектів у пристроях зворотнього напрямку поширення хвиль у так званих екзотичних «пастках світла».

- [1] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів і струмів у штучному середовищі. Радіoeлектроніка. Інформатика. Управління. №1(1). 2004. С. 18–21.
- [2] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Planar fractally-shaped terahertz waveguide: on the Goos-Hanchen effect. Proceedings 14th Intern. Conf. on advanced TRTC Engineering. (Lviv, Ukraine, April 2018). P. 1237–1240.
- [3] Федоров Ф.И. Теория гиротропии. Минск: Наука и техника. 1976. 456 с.

IMBERT-FEDOROV SHIFT MODELLING ON A DIELECTRIC-FRACTAL METAMATERIAL BOUNDARY

E. Shama, V. Onufrienko, T. Slyusarova

*National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onufr@zntu.edu.ua*

The theory of a fractal layer it is applied to examination of agency effect fractal configured boundaries on a phase increment and waves lateral bias of a high-frequency radiation in the condition of total internal reflexion. For a solution of a problem a differintegral introduced along one co-ordinate on a fractal dielectric-metamaterial boundary. The considerable agency of fractal boundary on a sign and quantity Imbert-Fedorov shift, on occurrence and lack of maximums is revealed. For no fractal mediums boundary the coincidence of study to the classical data is scored.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ МІКРОКРИСТАЛІЧНИХ СПОЛУК $\text{Li}_2\text{O}-7\text{GeO}_2$ З ДОМІШКАМИ

Я. Фролов, М. Трубіцин

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
yanush.frlv@gmail.com

Кристали гептагерманату літію $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ привертають увагу як перспективна матриця для створення нових суперіонних провідників. В роботах [1,2] показано, що допювання іонами Cr та Mn дозволяє контролювати провідність σ монокристалів $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ в широких межах (рис. 1, криві 2, 3). Вплив легування Cr та Mn обумовлений механізмами зарядової компенсації при утворенні домішкових центрів [2].

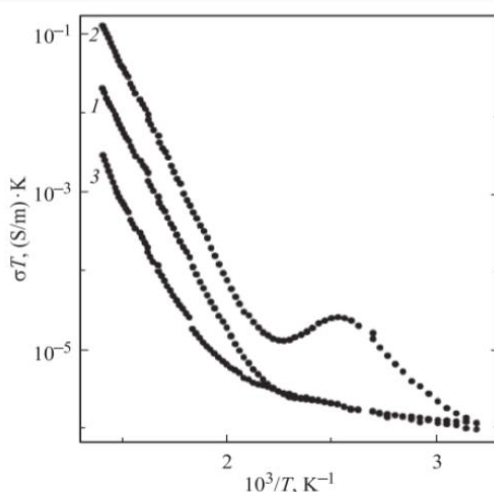


Рисунок 1 – Залежність добутку (σT) від зворотної температури $1/T$ для бездомішкових (1) та допійованих Cr (2) й Mn (3) монокристалів $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ [2]. Вимірювання проведені у змінному полі на частоті $f=1$ kHz.

Збільшення майже на порядок провідності σ у кристалах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}:\text{Cr}$ (рис. 1, крива 2) визначається виникненням міжвузлових іонів літію A_{Li} , що компенсують надлишковий заряд домішки при гетеровалентному заміщенні $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Ge}^{4+}$. Заряд-компенсуючі іони Li^+ здатні залишати парні центри $\text{Cr}^{3+}-\text{Li}^+$, переміщуватися вздовж структурних каналів і давати внесок до електропровідності.

При вивченні спектрів ЕПР авторами [3] показано, що зарядова компенсація при заміщенні $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Li}^+$ забезпечується появою літєвих вакансій V_{Li} . Вакансії V_{Li} є пастками для міжвузлових іонів A_{Li} і призводять до зменшення їх концентрації. Відповідно, легування іонами Mn суттєво зменшує провідність монокристалів $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ (рис.1, крива 3).

На основі даних [1, 2] зроблено висновок, що температурне зростання електропровідності в монокристалах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ обумовлене рухом міжвузлових іонів Li уздовж структурних каналів.

В даній роботі проведено вимірювання залежностей $\sigma(T)$ бездомішкових та легуваних Cr та Mn сполук $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ у полікристалічному стані. Досліджувані зразки отримано шляхом девітрифікації скла. Отримані дані представлені на рис.2 в координатах Арреніуса. Видно, що залежності на рис.2 спрямляються, приблизно, вище

500 К. Це означає, що температурне зростання електричної провідності має термічно активований характер.

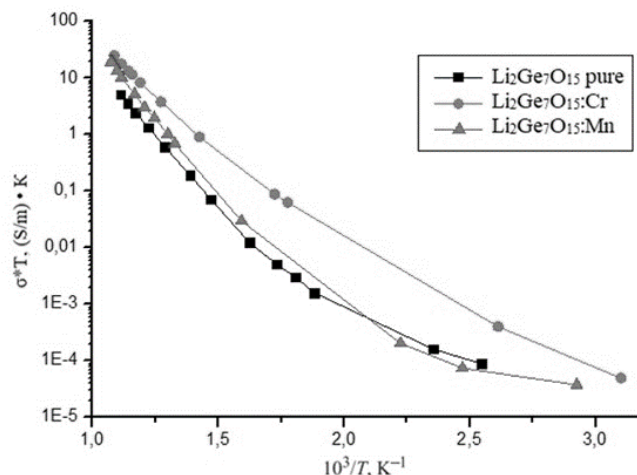


Рисунок 2 – Залежність добутку (σT) від $1/T$ для бездомішкових та допійованих Cr і Mn зразків $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ у мікрокристалічному стані. $f=1$ kHz

Порівняння результатів на рис.1, 2 свідчить, що легування Cr підвищує провідність $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ у моно- і мікрокристалічному станах. Це свідчить про збільшення концентрації A_{Li} у легованих зразках.

На відміну, легування Mn має різний ефект для моно- і мікрокристалічних зразків. У монокристалах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}:\text{Mn}$ σ зменшується (рис.1, крива 3) і, навпаки, у мікрокристалах $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}:\text{Mn}$ провідність трохи збільшується. Таку поведінку можна пояснити зосередженням домішки Mn у міжкристалітних прошарках.

- [1] Volnianskii M.D., Trubitsyn M.P., Obaidat Yahia A.H. Anisotropy of the electrical conductivity of lithium heptagermanate crystals // *Physics of the Solid State*. – 2008. – V. 50, No 3. – P. 422-424.
- [2] Trubitsyn M.P., Volnianskii M.D., Obaidat Yahia A.H. Ionic conduction in $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$ crystals doped with Cr and Mn ions // *Physics of the Solid State*. – 2008. – V. 50, No 7. – P. 1234-1237.
- [3] Trubitsyn, MP; Volnyanskii, MD; Kudzin, AYU: EPR of Mn^{2+} ions in lithium heptagermanate crystal// *Kristallografiya* Volume:36 Issue:6, Pages: 1472—6 Published: 1991 (5)

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF $\text{Li}_2\text{O}-7\text{GeO}_2$ MICROCRYSTALLINE COMPOUNDS WITH IMPURITIES

Y. Frolov, M. Trubitsyn

*Oles Honchar Dnipro National University
yanush.frlv@gmail.com*

The article deals with the temperature dependence of conductivity in nominally pure and doped $\text{Li}_2\text{O}-7\text{GeO}_2$ in microcrystalline state. The data are compared with the results obtained for single crystals of $\text{Li}_2\text{Ge}_7\text{O}_{15}$.

ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ЄМНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОСТРУКТУР AlN/CdTe

П. Мар'янчук, Е. Майструк, М. Солован,

І. Олексенко, Г. Пархоменко, Л. Димко

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

p.maryanchuk@chnu.edu.ua

Нітрид алюмінію (AlN) – сполука елементів $A^{III}B^V$, що має гексагональну кристалічну структуру, відому як вюрцит. Стійкий до високих температур в інертних атмосферах. Відрізняється високим електричним опором, високою стійкістю до пробивної напруги. Має широкі можливості застосування в мікроелектронних пристроях, зокрема у виготовленні світло діодів, оскільки ширина забороненої зони. AlN близько 6 eV [1, 2].

Телурид кадмію має сприятливу для ефективного перетворення сонячного випромінювання ширину забороненої зони (1,44eV) і відноситься до напівпровідників з прямими оптичними переходами. Він є однією з небагатьох сполук елементів $A^{II}B^{VI}$ групи, які можуть володіти як р- так іn-типами провідності. Широке застосування отримали кристали CdTe, які мають р-тип провідності однак існує ряд проблем по створенню омичних контактів до цих кристалів. Перевагою n-CdTe є простота формування омичних контактів.

Нанесення плівок AlN проводилося на підкладки n-CdTe та р-CdTe в універсальній вакуумній установці Leybold-Heraeus L560 за допомогою реактивного магнетронного розпилення. Вольт-амперні характеристики досліджуваних гетероструктур вимірювали за стандартною методикою з використанням точного фемто/піко амперметра KeysightB2985A з вбудованим джерелом (± 1000 В), а в якості вольтметра використовували Agilent 34410A.

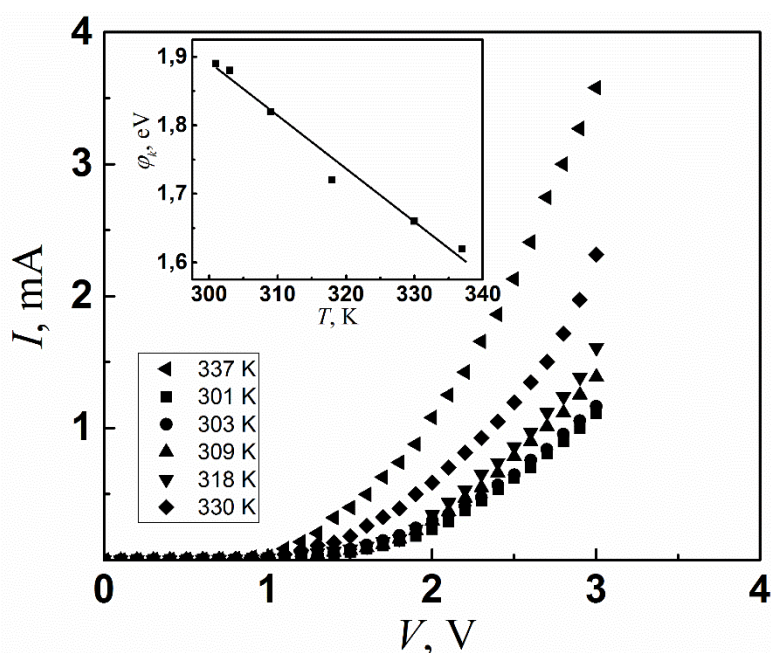


Рис. 1. Прямі гілки ВАХ при різних температурах для AlN/p-CdTe (на вставці – температурна залежність висоти потенціального бар'єру).

За допомогою екстраполяції прямолінійних ділянок ВАХ, до осі напруг визначили висоту потенціального бар'єра гетеропереходу, температурна залежність якої представлена на вставці рис.1. Висота потенціального бар'єра при кімнатній температурі становить ~ 2.5 eV для n-типу та ~ 1.9 для p-типу. При збільшенні температури висота потенціального бар'єру зменшується. Із даної залежності $\phi_k=f(T)$ визначили для AlN/n-CdTe: $\phi_0(0) = 7,6$ eV та $\beta_\phi = -16,7 \cdot 10^{-3} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$ і для AlN/p-CdTe: $\phi_0(0) = 4,2$ eV та $\beta_\phi = -7,7 \cdot 10^{-3} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$.

Коефіцієнт випрямлення для AlN/p-CdTe $RR \sim 10^2$ а для AlN/n-CdTe $RR \sim 10$ (при зовнішньому зміщенні 2,5 В).

На рис.2 показано вольт-фарадні характеристики досліджуваного гетеропереходу AlN/p-CdTe виміряні LCRMeterBR2876 при кімнатній температурі і різних частотах збуджуючого сигналу.

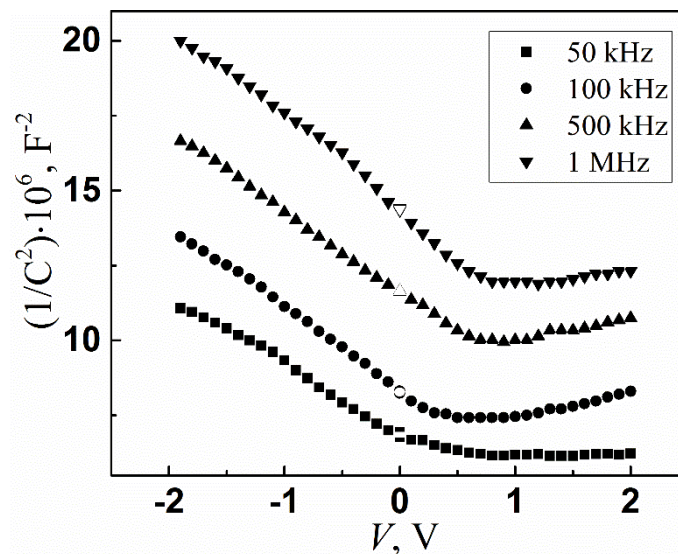


Рис. 2. ВФХ гетеропереходу AlN/p-CdTe при різних частотах

Напруга відсічки визначена за допомогою екстраполяції прямолінійних ділянок ВФХ, до осі напруг добре корелює з висотою потенціального бар'єру визначеною з ВАХ. Із залежності $\ln(I)=f(V)$ визначили коефіцієнт не ідеальності.

- [1] D. Liufu, K.C. Kao, J. Vac. Sci. Technol. A 16 1998 2360.
- [2] G. Selvaduray and L. Sheet, Mater. Sci. Technol. 9, 463 (1993).

MANUFACTURING, ELECTRICAL AND CAPACITANCE PROPERTIES OF THE AlN/CdTe HETEROSTRUCTURES

**P. Marianchuk, E. Maistruk, M. Solovan,
I. Olexenko, H. Parkhomenko, L. Dymko**
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
p.maryanchuk@chnu.edu.ua

Heterostructure were fabricated by reactive magnetron deposition. Electrical and capacitance characteristics investigated. The temperature dependence of the potential barrier height is investigated. The basic electrical parameters of heterojunctions are determined.

УПРАВЛІННЯ СТРУМОМ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА З ФРАКТАЛЬНО ІМПЕДАНСНИМ КАНАЛОМ

В. Онуфрієнко, Є. Шама, Л. Онуфрієнко

*Національний університет «Запорізька політехніка»
onufr@zntu.edu.ua*

У даній роботі розглянута можливість управління струмом у приладах радіоелектроніки на основі метал-оксид-напівпровідникових структур (МОНП), що функціонують на основі зміни провідності «каналу» між «витоком» і «стоком» у фрактально конфігурованій області напівпровідника на границі з діелектричним шаром під дією електричного поля. Інтерес до розробки таких елементів в складі інтегральної мікросхеми пояснюється тим, що більшість сучасних аналогових і цифрових інтегральних мікросхем виконуються саме по МОНП-технології [1]. Відомі прийоми аналогового моделювання фізичних систем базуються на подібності диференціальних рівнянь цілого порядку рівнянням електричних ланцюгів, що складаються зі звичайних R -, L - і C - елементів [2].

Для перевірки досяжності поставленої мети на першому етапі дослідження необхідно розробити і проаналізувати математичну модель управління параметрами напівпровідного елемента на основі фрактально імпедансної МОНП-структури.

Теорія фрактального шару [3] на межі розділу двох середовищ базується на визначенні дробового диференціала $d^\alpha x = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \frac{dx}{(t-x)^{1-\alpha}}$, його зв'язку з дробовою похідною $d^\alpha L(x) = {}_a D_{x_i}^\alpha L(x) d^\alpha x$. де дробова похідна ${}_a D_{x_i}^\alpha L(x)$ використовується у формі Рімана-Ліувілья.

Визначимо величину струму, що в системі координат (x, y, z) протікає через напівпровідниковий елемент розміром a (по $0x$) $\times b$ (по $0z$) $\times l$ (по $0y$), яким моделюємо фрактально конфігурований по y канал сталого перерізу $a \times b = \text{const}$, якщо до елемента прикладено напругу U .

Згідно з диферінтегральним законом Ома, що виконується в умовах зазначеної геометрії фрактального елемента, струм у каналі пов'язаний з розподілом потенціала наступними залежностями:

$$I^{(\alpha)} = -\sigma \frac{d^\alpha \varphi_y}{d^\alpha y}; \quad I^{(\alpha)} d^\alpha y = -\sigma d^\alpha \varphi_y; \quad I^{(\alpha)} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \frac{dy'}{(y-y')^{1-\alpha}} = -\sigma d^\alpha \varphi,$$

а після відтворення величини струму та напруги з диферінтегралів маємо

$$I^{(\alpha)} = -\sigma_0 \frac{\Gamma(1+\alpha)}{l^\alpha} ab U^{(\alpha)}. \quad (1)$$

З (1) видно, що за даною величиною напруги є можливість управління струмом як зміною розміру поперечного перерізу ab та протяжністю l каналу, так і зміною величини скейлінгу α фрактального шару нижньої грані каналу. При цьому виявляємо нелінійний розподіл потенціалу в каналі

$$-\frac{I^{(\alpha)}}{\sigma} \frac{y^{\alpha}}{\Gamma(1+\alpha)} = |\varphi_y^{(\alpha)}|. \quad (2)$$

У нашому випадку фрактальної моделі виявлено залежність від координати y напруженості поля, у зв'язку з чим виникає ідея одержання насиченості струму за рахунок управління потенціалом, що, як видно з (2), можна теоретично здійснювати трьома способами: зміною геометричної конфігурації фрактального шару вздовж y варіюванням скейлінгового показника: $-\frac{I^{(\alpha)}}{\sigma} f(\alpha, y) = |\varphi_y^{(\alpha)}|$ (доречно зауважити, що показник α може набувати сталих, змінних, комплексних значень); зміною фізичної величини провідності за виділенням її фрактальної залежності від y та α : $-\frac{I^{(\alpha)}}{\sigma(\alpha, y)} y = |\varphi_y^{(\alpha)}|$; зміною фізичної величини струму (заряду) за фрактальним законом $-\frac{I^{(\alpha)}(\alpha, y)}{\sigma} y = |\varphi_y^{(\alpha)}|$. Формула (2) також демонструє можливість управління потенціалом каналу за допомогою фрактального розподілу електричного поля, що є градієнтом потенціалу.

Зауважимо, що практична реалізація наведених теоретичних результатів може використовуватись для впровадження розглянутої МОНП-структури у склад напівпровідникових інтегральних мікро- і наносхем для реалізації пристроїв дробового інтегродиференціювання в адаптивних системах, програмованих аналогових інтегральних схем, фільтрах, розв'язувачах диференціальних рівнянь дробового порядку тощо.

- [1] Ушаков П.А., Шадрин А.В. Реализация параметрического элемента с фрактальным импедансом на основе МОП-структуры. Интеллектуальные системы в производстве. №1 (28). 20016. С. 59–62.
- [2] Онуфрієнко В.М., Онуфрієнко Л.М. Диферінтегральна модель польового транзистора з фрактальним нанощаром каналу. Фізико-технічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах: VII Міжнародна науково-практична конференція (Чернівці, Україна, 8-10 листопада 2018). С.113-114.
- [3] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів струмів у штучному середовищі. Радіoeлектроніка. Інформатика. Управління. №1. (2004). С. 18–21.

THE CURRENT MANAGEMENT OF THE FIELD-EFFECT TRANSISTOR WITH FRACTAL IMPEDANCE CHANNEL

V. Onufrienko, E. Shama, L. Onufriyenko

*National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onufr@zntu.edu.ua*

The mathematical model of management parameter in fractal impedance structure metal-oxide-semiconductor (field-effect transistor) it is analyzed. Differintegral theory of fractal stratum on a two mediums interface is applied for this purpose. It is revealed a possibility of a current management of structure by means of geometrical and physical modification properties of a fractal stratum. Practical embodying of effects examination in micro integrated circuit and nano-shema is specified.

ГЕНЕРАЦІЙНО - РЕКОМБІНАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ІЗОТИПНИХ ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$

І. Орлецький, М. Ілашук, Е. Майструк, П. Мар'янчук, О. Парфенюк

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

i.orletskyi@chnu.edu.ua

Напівпровідникові тонкі плівки оксиду марганцю Mn_2O_3 перспективні для створення фотоприймачів видимої області спектра випромінювання. Вони володіють задовільними енергетичними параметрами і достатньо високим коефіцієнтом пропускання світла для застосування у вигляді фронтального шару фотоперетворювачів [1]. Для виготовлення гетеропереходів із Mn_2O_3 доцільно вибирати напівпровідники із високим коефіцієнтом поглинання та шириною забороненої зони близькою до 1,5 еВ, до яких відноситься CdZnTe .

Ізотипні гетеропереходи $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ були виготовлені нанесенням тонких плівок Mn_2O_3 на поверхню нагрітих до температури $T_s = 350^\circ\text{C}$ підкладок CdZnTe методом спреї-піролізу за атмосферного тиску з використанням 0,1 М розчину солі двохлористого чотириводного марганцю $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в бідистильованій воді.

Для виготовлення структур використовували підкладки, отримані сколюванням вирощених вертикальним методом Бріджмена кристалів CdZnTe , легованого домішкою хлору. При температурі 295 К їх кінетичні параметри становили: питома електропровідність $\sigma = 52,3 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, концентрація носіїв заряду $n = 4,3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, рухливість електронів $\mu_n \approx 760 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Оптична ширина забороненої зони, яку визначали екстраполяцією прямолінійних ділянок залежності $(ahv)^2 = f(hv)$ до нульового значення коефіцієнта поглинання, становила $E_g = 2.12 \text{ еВ}$, що добре узгоджується з відомими в літературі значеннями E_g для сполуки Mn_2O_3 .

Вольт-амперні характеристики (ВАХ) гетероструктур $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ вимірювали за допомогою апаратно-програмного комплексу, реалізованого на базі платформи Arduino, цифрового мультиметра Agilent 34410A та програмованого джерела живлення Siglent SPD3303X, які керувались персональним комп'ютером за допомогою програмного забезпечення, створеного авторами у середовищі LabView.

Дослідження ВАХ ізотипних гетеропереходів $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ при прямих та зворотних напругах в температурному діапазоні $T = 295 - 339 \text{ К}$ вказують на їх випрямляючі властивості з контактною різницею потенціалів $\phi_k \approx 1,0 \text{ В}$ та коефіцієнтом випрямлення $\sim 10^4$ при $|V| = 1,5 \text{ В}$ та $T = 295 \text{ К}$.

При невеликих прямих зміщеннях $3kT/q < V < 0.4 \text{ В}$ ВАХ досліджуваних структур, побудовані в координатах $\ln I = f(V)$, характеризувалися прямими лініями з нахилом, який залежить від температури. Визначений коефіцієнт неідеальності $A \approx 2$. Встановлені особливості ВАХ вказують на наявність рекомбінаційних процесів в області просторового заряду структури через глибокі центри з енергією $E_t \approx E_g/2$. Оскільки основний бар'єр формується зі сторони $n\text{-CdZnTe}$ і виконується умова $q\phi_k \approx 1 \text{ еВ} > E_g/2 = 0.76 \text{ еВ}$ ($E_g = 1,53 \text{ еВ}$ при $T = 295 \text{ К}$ для CdZnTe), то рекомбінаційні струми є визначальними.

Визначена за відомою методикою глибина залягання рекомбінаційних рівнів становила $E_t \approx 0,52 \text{ еВ}$, що значно менше від очікуваної величини $E_g/2 = 0,76 \text{ еВ}$. Отримана неузгодженість пояснюється в рамках теорії рекомбінації за участю донорно-акцепторних пар (ДАП). Тому отримане значення E_t відповідає акцепторним рівням, що входять до складу ДАП та через які відбувається рекомбінація носіїв

заряду. Враховуючи наявну в літературі інформацію про природу глибоких рівнів у забороненій зоні кристалів CdTe:Cl, можна допустити, що знайдений енергетичний рівень, розміщений на 0,52 еВ від краю валентної зони та відповідає складним дефектам, наприклад $(V_{Cd}^{-2}D^{+})^{-}$, $(A^{-2}Cl_{Te}^{+})^{-}$ (A і D – фонові домішки донорів та акцепторів).

Встановлена визначальна роль рекомбінаційних процесів у формуванні прямих струмів дозволяє вважати, що при зворотних напругах домінують процеси генерації носіїв заряду через ті ж енергетичні рівні. Отримана з температурної залежності зворотного струму при фіксованій напрузі глибина залягання генераційного рівня становить 0,52 еВ, що добре співпадає із вказаним вище значенням E_t . При зворотних зміщеннях $3kT \leq V \leq 0.75$ В ВАХ гетероструктур характеризуються лінійною залежністю струму від напруги у всій температурній області досліджень. Це суперечить залежності $I_{36} = f(\sqrt{\varphi_k - qV})$, при якій зміна генераційного струму пропорційна ширині бар'єрної області. Спостережувана лінійна залежність $I_{36} = f(V)$ є характерною для випадку, коли генераційно-рекомбінаційний рівень достатньо віддалений від середини забороненої зони напівпровідника, що підтверджується експериментально.

За аналізом енергетичної діаграми структури $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ носії заряду (дірки і електрони при рекомбінації та генерації, відповідно), поступають на генераційно-рекомбінаційні центри з поверхневих енергетичних рівнів, розміщених на тому ж рівні енергій.

Отже, при невеликих прямих і зворотних зміщеннях, струми крізь ізотипний гетероперехід $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$, який отримується нанесенням методом спреї-піролізу тонких плівок Mn_2O_3 на свіжосколоті пластинки CdZnTe, визначаються генераційно-рекомбінаційними процесами в області просторового заряду CdZnTe за участю донорно-акцепторних пар.

- [1] Phishdadian S., Shariati Ghaleno A.M. In_uences of nnealing Temperature on the Optical and Structural Properties of Manganese Oxide Thin Film by Zn Doping from ol_Gel Technique. Acta Physica Polonica A. Vol. 123. (2013). P. 741–745.

GENERATION - RECOMBINATION PROCESSES IN ISOTYPE HETEROJUNCTIONS $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$

I. Orletskyi, M. Ilashchuk, E. Maistruk, P. Marianchuk, O. Parfenyuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

i.orletskyi@chnu.edu.ua

Isotype $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ heterojunctions with diode properties are obtained by using a method of spray-pyrolysis of thin Mn_2O_3 films onto freshly cleaved plates of solid solution CdZnTe crystals doped with chlorine. The rectification factor of the heterostructures is of the order of 10^4 at $|V| = 1.5$ V. The contact potential difference is $\varphi_k = 1.0$ V. Starting from an analysis of the temperature dependences of the I - V -characteristics it is established that generation – recombination processes are determinative in the formation of direct and reverse currents of the surface-barrier $n\text{-Mn}_2\text{O}_3/n\text{-CdZnTe}$ structure. The obtained experimental results are explained to be due to the generation and recombination of charge carriers with a participation of donor-acceptor pairs. The determined energy depth $E_t = E_V + 0.52$ eV of the generation-recombination level in the energy gap is associated with complex defects $(V_{Cd}^{-2}D^{+})^{-}$ and $(A^{-2}Cl_{Te}^{+})^{-}$.

РОЗРАХУНОК C-V ХАРАКТЕРИСТИК ФРАКТАЛЬНИХ СТРУКТУР «МЕТАЛ-ОКИСЕЛ-НАПІВПРОВІДНИК»

В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова, Л. Онуфрієнко

Національний університет «Запорізька політехніка»

onufr@zntu.edu.ua

Одним із перспективних напрямів розвитку сучасної радіоелектроніки стало дослідження метаматеріалів у частотних діапазонах, де проявляються ефекти, що виникають у приладах з напівпровідним середовищем та розподіленими від'ємними ємностями й індуктивностями [1]. Дослідниками з Purdue University запропоновано технологічну реалізацію сегнетоелектричного метаматеріального шару з від'ємною ємністю, що підвищує ефективність транзистора.

Для виявлення впливу на ємнісно-потенціальні характеристики фрактально конфігурованих метал-окисел-напівпровідникових структур розглянемо далі теоретичну модель імітації провідності наношару в електронних пристроях, що функціонують у діапазоні між відносно низькими та високими частотами. Побудову фрактальної моделі імітації ємності наношару окислу на межі метал-напівпровідник у просторі як функції множини здійснимо вводом у розгляд диферінтегральної альфа-форми множин фізичних зарядів (елементів струму) в метаматеріальному середовищі [2] та електростатичної ємності $C^{(\alpha)} = Q^{(\alpha)} / U$, де $Q^{(\alpha)}$ –фрактально розподілений заряд, U –потенціал. У класичній теорії (див., напр., [3]) виявлено, що присутність у напівпровіднику об'ємного заряду Q_s , що залежить від напруги зміщення V_G на металевому електроді, призводить до залежності від V_G і розрахованої на одиницю площі повної ємності $C_t = dQ_g / dV_G$ метал-окисел-напівпровідникової структури ($Q_g = -Q_s - Q_{ss}$, де Q_g - питомий заряд затвору, Q_{ss} - заряд на межі діелектрик-напівпровідник). Цей класичний ефект визнається основою методу дослідження ємнісно-вольтових характеристик. Для випадку достатньо низької частоти змінного сигналу, що подається на затвор, та сталого великого від'ємного зміщення V_G біля поверхні напівпровідника існує збагачений основними носіями (дірками) шар. Вимірювана ємність практично збігається з ємністю окислу $C_t \approx C_0 = \varepsilon_{0x} / x_0$ (ε_{0x} - діелектрична проникність шару окислу, x_0 - товщина цього шару). Зменшення $|V_G|$ призводить до збільшення товщини збагаченого шару, отже, до зменшення повної ємності C_t . Поява збідненої області та подальше зменшення ємності пов'язані з недостатньою величиною зміщення для компенсації впливу додатного об'ємного заряду в шарі окислу. З початком інверсії величина C_t різко зростає і наближається до C_0 , коли концентрація неосновних носіїв поблизу поверхні стає великою й екранує збіднену область від подальшого зростання поля [3].

На високих частотах, коли величина ємності напівпровідника $C_s = -\frac{dQ_s}{d\varphi_s}$ в режимі інверсії визначається товщиною збідненої області x_d , проявляється фрактальна структура розподілу носіїв заряду і можна записати вирази для ємності

$$C_s^{(\alpha)} = \frac{\varepsilon_s}{x_d^{(\alpha)}}, \quad x_d^{(\alpha)} = \frac{1}{\Gamma(1+\alpha)} x_d^\alpha, \quad \frac{C_t}{C_0} = \left(1 + \frac{\varepsilon_{0x} x_d^{(\alpha)}}{\varepsilon_s x_0}\right)^{-1}. \quad (1)$$

Для дослідження швидкого переключання системи в режим інверсії, коли заряд інверсійного шару не встигає сформуватись, що супроводжується виникненням

перехідних процесів, з урахуванням $\varphi_s = \frac{Q_s}{C_0} + V_t'$ та інтегруванням рівняння Пуассона одержуємо

$$\varphi_s = -\frac{q}{\varepsilon_s} \int_0^{x_d} x N d^\alpha x = -\frac{qN}{\varepsilon_s} \frac{x_d^{1+\alpha}}{\Gamma(\alpha+2)}, \quad 0 < \alpha < 1$$

$$\frac{C_t}{C_0} = \left(1 + \frac{C_0}{C_s}\right)^{-1} = \left(1 + \frac{-1 \pm \sqrt{1 - a_d \frac{2C_0^2 V_G'}{qN\varepsilon_s}}}{a_d}\right)^{-1}, \quad a_d = \frac{2}{\Gamma(\beta+1)} x_d^{\beta-2}, \quad 1 < \beta \leq 2. \quad (2)$$

Для скейлінгового показника $\beta = 2$ одержані залежності (1) і (2) збігаються з відомими класичними результатами. Відмічаємо значний вплив фрактального розподілу носіїв зарядів на ємність (2), що теоретично підтверджує можливість збільшення в рази ємності метал-окисел-напівпровідникових структур, зокрема, для підвищення ефективності польового транзистора.

- [1] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Planar fractally-shaped terahertz waveguide: on the Goos-Hanchen effect. 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering. Proceedings. (Lviv, Ukraine, April 2018). P. 1237–1240.
- [2] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів і струмів у штучному середовищі. Радіoeлектроніка. Інформатика. Управління. №1. (2004). С. 18–21.
- [3] Кобболд Р. Теория и применение полевых транзисторов. Пер. с англ. (1975). 304 с.

THE C-V CHARACTERISTICS CALCULATION OF METAL-OXIDE-SEMICONDUCTOR FRACTAL STRUCTURES

V. Onufrienko, T. Slyusarova, L. Onufriyenko

*National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onufr@zntu.edu.ua*

The new theoretical model of the nano-stratum conductivity imitation in electronic devices for the influence detection on capacitance-potential characteristics of fractal metal-oxide-semiconductor structures it is viewed. The fractal model creation is carried out by introduction in viewing differintegral alpha-shapes of physical charges (current elements) sets in metamaterial medium. The considerable influence of fractal charges distribution on capacity nano-stratum is revealed. The application possibility of our calculation results for efficiency pinch of the field-effect transistor is specified.

ВДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ НЕЛІНІЙНОГО ЕЛЕМЕНТА ШТУЧНОГО НЕЙРОНА НА ОСНОВІ ПРИЛАДІВ АНАЛОГОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

І. Бех, О. Гриневич, С. Новак, М. Хожай

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
novak.s.a.24@gmail.com

Досліджено роботу макету вдосконаленої схеми нелінійного елемента штучного нейрона для аналогового обчислення гіперболічного тангенса від вхідного сигналу. Показано, що схема із застосуванням диференціального каскаду на основі інтегральної транзисторної збірки може бути використана у якості нелінійного елемента штучного нейрона та забезпечувати точність обчислень не гірше 45%.

Вступ. Інтерес в проведенні досліджень штучних нейронів (ШН) та штучних нейронних мереж (ШНМ) обумовлений тим, що спосіб обробки інформації людським мозком сильно відрізняється від методів, які зазвичай використовуються цифровими комп'ютерами. Мозок володіє здатністю організовувати свої структурні компоненти, які називаються нейронами, так, щоб вони могли виконувати конкретні задачі (наприклад, розпізнавання образів, обробку сигналів органів чуття, моторні функції) в кілька разів швидше, ніж це можуть виконувати найшвидші сучасні комп'ютери [1].

При побудові штучного нейрона використовується його математична модель [1], до складу якої входить нелінійний елемент, що забезпечує так звану «функцію активації», згідно з якою обчислюється вихідний сигнал. Від вибору конкретної функції активації залежить як точність роботи моделі, так і складність практичної реалізації штучного нейрона. В роботі [2] у якості функції активації обрано гіперболічний тангенс, а його аналогове обчислення реалізовано за допомогою схеми з використанням диференціального каскаду на парі біполярних транзисторів 2N2222, при цьому дослідження роботи схеми, зібраної на макетній платі, показало незадовільну точність обчислення – 160%. З метою підвищення точності, було зібрано та досліджено схему [3], де не лінійність забезпечується інтегральною транзисторною збіркою BC847BS.

Методика та інструменти досліджень. Наведені в роботі результати отримані при дослідженні робочого макету нелінійного елемента штучного нейрона, зібраного на макетній платі. Принципова схема з усіма номіналами елементів зображена на рис. 1.

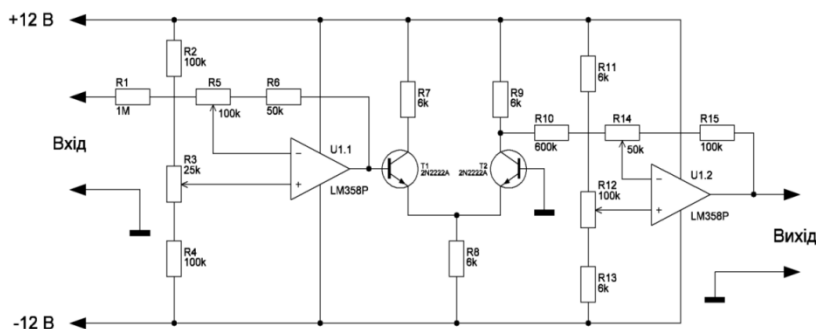


Рис. 1. Принципова схема вдосконаленого нелінійного елемента формального нейрона

Результати досліджень та їх обговорення. Після проведення налагодження схеми за допомогою резисторів R3, R5, R12, R14 була виміряна її прохідна характеристика у статичному режимі. Графік прохідної характеристики схеми зображено на рис. 2.

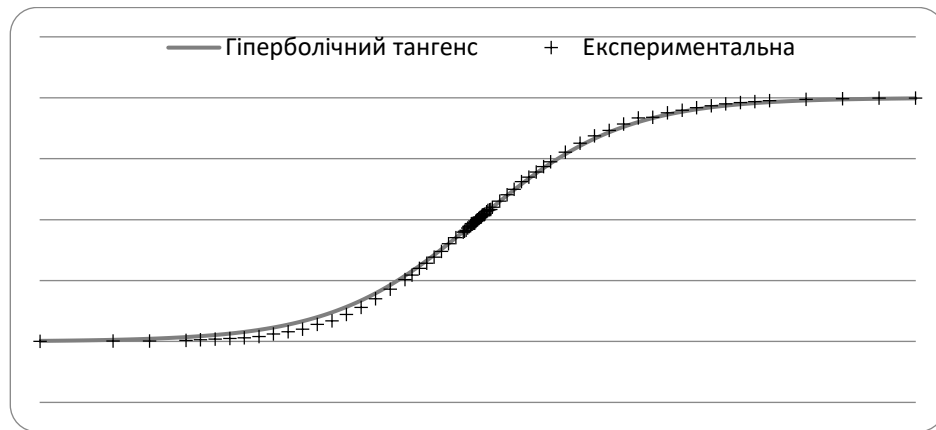


Рис. 2. Прхідна характеристика макету схеми нелінійного елемента формального нейрона з транзисторною збіркою після налагодження

Видно, що крива, отримана експериментально, знаходиться у гарній відповідності з графіком гіперболічного тангенсу, розрахованим аналітично. При цьому максимальне значення відносної похибки аналогового обчислення гіперболічного тангенсу становить 45%, що приблизно втричі менше, за попередній результат [2]. Можна зробити висновок, що заміна транзисторів 2N2222 на транзисторну збірку BC847BS дала позитивний результат і дозволила помітно підвищити точність аналогового обчислення гіперболічного тангенсу, особливо в околі початку координат.

Висновки. На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

1. Використання інтегральної транзисторної збірки у схемі аналогового обчислення гіперболічного тангенсу дозволяє покращити точність схеми, зокрема в околі початку координат величина відносної похибки аналогового обчислення становить 45%, що приблизно втричі менше, за попередній результат.
2. Схема, побудована з використанням інтегральної транзисторної збірки, може бути використана у якості нелінійного елемента штучного нейрона. Для підвищення точності обчислень і стабілізації передавальної характеристики необхідне подальше її вдосконалення.

- [1] Хайкин С. Нейронные сети. М.: Издательский дом «Вильямс» (2006). 1104с.
- [2] Andrusenko V., Bekh I., Novak S. Simulation of Neural Networks by the Analog Calculating Machine (ACM) (in the task of approximation of mathematical functions). Вісн. Київськ. ун-ту, сер. Радіофізика і електроніка. (2015). № (1) 21. С. 10–13.
- [3] Bekh I.I., Grinevich O.V., Novak S.O. Computer simulation of a formal neuron based on analogue electronics devices. XIII international conference “Electronics and applied physics”. (2017). Kiev, Ukraine. P. 209–210.

IMPROVED MODEL OF NON-LINEAR ELEMENT OF FORMAL NEURON BASED ON ANALOG ELECTRONICS

I. Bekh, O. Grinevich, S. Novak, M. Khojai
Taras Shevchenko National University of Kyiv

The simulation of the layout of an advanced scheme of a nonlinear element of an artificial neuron for analog calculation of hyperbolic tangent from an input signal is performed. It is shown that a circuit using a differential cascade based on a transistor assembly can be used as a nonlinear element of an artificial neuron and provide a computational accuracy of at least 45%.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НИЗЬКОВОЛЬТНОЇ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ SnO_2 З ДОБАВКОЮ ОКСИДУ СУРМИ

А. Кротенко, І. Скуратовський

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
artur.krotenko@gmail.com

Діоксид олова для виготовлення варисторної кераміки досліджується досить давно [1, 2]. Новий сплеск інтересу до досліджень SnO_2 варисторів почався після отримання низьковольтної варисторної кераміки на основі діоксиду олова [3], що довгий час вважалось неможливим.

Представляє істотний інтерес дослідження можливості прогнозування електричних властивостей та їх оптимізації у варисторній кераміці, для чого можна використовувати нейронні мережі.

У даній роботі для отримання навчального набору нейронної мережі виготовлено ряд складів варисторної кераміки з добавками Co_3O_4 , Bi_2O_3 , Cr_2O_3 та різним вмістом добавки оксиду сурми і досліджено їх електричні властивості.

Механізм електропровідності варисторної кераміки базується на моделі переносу заряду через потенціальні бар'єри на межах зерен, при чому висота потенціальних бар'єрів досить істотно зменшується зі зростанням напруги на варисторній ділянці ВАХ.

Кераміку отримано за стандартною технологією, що включає змішування вихідних компонент з додаванням етанолу, пресування зразків під тиском 60 МПа та випалювання при температурі 1350 °С протягом 1 години.

Електричні параметри отриманої кераміки наведені в таб. 1.

Таблиця 1

Електричні параметри досліджуваної кераміки системи SnO_2 – 3 мол.% CoO – 0.05 мол.% Cr_2O_3 – 1 мол.% Bi_2O_5 з добавкою Sb_2O_5

Добавка Sb_2O_5 , мол. %	β	E_1 , В см ⁻¹	σ , Ом ⁻¹	α , см В ⁻¹
0	21	3900	$3,8 \cdot 10^{-11}$	0,0053
0,01	14	4300	$1,5 \cdot 10^{-10}$	0,0031
0,03	15	2470	$7,2 \cdot 10^{-10}$	0,0064
0,05	27	1270	$4,9 \cdot 10^{-9}$	0,0213
0,07	11	1900	$2,9 \cdot 10^{-9}$	0,0059
0,1	9	1400	$5,4 \cdot 10^{-9}$	0,0066
0,13	10	1400	$1,2 \cdot 10^{-8}$	0,0073
0,15	8	1400	$1,2 \cdot 10^{-8}$	0,0060
1	4	700	$7,5 \cdot 10^{-5}$	0,0056

З даних таблиці видно, що зі зростанням вмісту добавки оксиду сурми класифікаційна напруженість електричного поля зменшується. Зменшується також і коефіцієнт нелінійності вольт-амперної характеристики.

Мінімальне значення класифікаційної напруженості поля для кераміки складає 1270 В см^{-1} при вмісті оксиду сурми 0.05 мол. %. Цей же зразок має й максимальне значення коефіцієнту нелінійності β . Неомічні властивості кераміки порівнювались за допомогою показника нелінійності α [2], що дорівнює відношенню коефіцієнта нелінійності β до класифікаційної напруженості електричного поля E_1 . Для складу з вмістом сурми 0.05 мол. % цей параметр також має максимальне значення 0.0213 см В^{-1} .

Значення енергії активації електричної провідності (що майже співпадає з висотою потенціальних бар'єрів на межах зерен для варисторної кераміки) складають близько 0.7 - 0.8 eV.

Сурма є відомою донорною домішкою для діоксиду олова. Таким чином, ймовірно, що оксид сурми розчиняється у ґратці SnO_2 та збільшує провідність зерен кераміки за рахунок утворення мілких донорних рівнів у забороненій зоні.

- [1] Pianaro S. A., Bueno P. R., Longo E., Varela J. A. A new SnO_2 -based varistor system // Journal of Material Science Letters. Vol. 14, № 10. (1995) P. 692-694.
- [2] Glot A. B., Skuratovsky I. A. Non-Ohmic conduction in tin dioxide based varistor ceramics // Materials Chemistry and Physics. Vol. 99, № 2–3. (2006) P. 487-493.
- [3] Glot A.B., Bulpett R., Ivon A.I., Gallegos-Acevedo P.M. Electrical properties of SnO_2 ceramics for low voltage varistors // Physica B: Condensed Matter Vol. 457 (2015) P. 108-112.

ELECTRICAL PROPERTIES OF LOW VOLTAGE SnO_2 BASED VARISTOR CERAMICS WITH ADDITION OF ANTIMONY OXIDE

A. Krotenko, I. Skuratovsky

*Oles Honchar Dnipro National University
artur.krotenko@gmail.com*

The tin dioxide-based ceramics in the system $\text{SnO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-Co}_3\text{O}_4\text{-Cr}_2\text{O}_3$ are obtained by the conventional mixed oxides route. The electrical properties of these materials are studied.

Voltage-current characteristics of ceramics are studied in respect of different amount of antimony oxide addition in the range of 0 – 1 mol. %.

It was shown, that addition of Sb_2O_5 reduces an electrical field from $E_1 = 4000 \text{ В см}^{-1}$ to $E_1 = 700 \text{ В см}^{-1}$ for ceramic with 1 mol. % of Sb_2O_5 . Maximal nonlinearity coefficient ($\beta = 27$) for ceramics with 0.05 mol. % of Sb_2O_5 and relatively not high for SnO_2 -based systems value $E_1 = 1270 \text{ В см}^{-1}$ was obtained.

Electrical conductivity of this ceramics is controlled by grain boundary high potential barriers with height 0.6 – 0.8 eV.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОВІДНОВЛЮВАНИХ ЗАПОБІЖНИКІВ НА БАЗІ КОМПОЗИТІВ ПОЛІЕТИЛЕН-НАНОВУГЛЕЦЬ

О. Ляшков

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alexndnu@ukr.net*

Для оптимізації параметрів самовідновлювальних запобіжників (СВЗ) нами була побудована математична модель їх електрофізичних характеристик. При цьому метою роботи було створення моделі, що коректно описує процеси які відбуваються в композитах поліетилен-нановуглець, на основі яких виробляються сучасні СВЗ, та визначення величин і чинників на які можна вплинути модифікуючи склад запобіжників для вирішення завдання використання в ланцюгах захисту фотоелементів сонячних батарей. Моделювання проводилося в програмному пакеті Mathcad.

Експериментально спостережуваний пороговий характер залежності електричного опору композиту від масової частки наповнювача зазвичай розглядається з точки зору теорії перколяції в різних варіаціях [1]. Відповідно до цієї теорії при певній об'ємній частці технічного вуглецю в композиті частинки технічного вуглецю утворюють в матриці поліетилену нескінченний кластер, за рахунок чого спостерігається значне зниження питомої опору.

В основу було покладено тривимірну модель протікання [1]:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sigma_d \cdot (x_c - x)^{-q}, \text{ при } x < x_c; \\ \sigma &= \sigma_m \cdot (\sigma_d / \sigma_m)^s, \text{ при } x = x_c; \\ \sigma &= \sigma_m \cdot (x - x_c)^t, \text{ при } x > x_c,\end{aligned}\tag{1}$$

де x - об'ємна частка провідникової фази з питомою провідністю σ_m ; x_c - критична концентрація (порог протікання); σ_d - питома провідність діелектричної фази, q , s , t - критичні індекси ($q = t \cdot (1/s - 1)$). Індекси моделі $q = 1$, $s = 0,62$, $t = 1,6$ обрані з припущення про двохфазність і статистичної взаємозамінності компонент композиту. Порог протікання при цьому обраний $x_c = 0,15$, як середній теоретичний для даної моделі. Значення електропровідності також вибиралися як середні - для технічного вуглецю $5000 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$; для поліетилену - $5 \cdot 10^{-14} \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$.

Лінійні розміри модельного зразка СВЗ обирали аналогічні промисловому MF-R400: площа поверхні під електродам $S = 150 \text{ мм}^2$, товщина $d = 1 \text{ мм}$.

В області теоретичного порога протікання спостерігається різкий стрибок питомої електропровідності матеріалу. Поліетилен має значно більші значення температурного коефіцієнта лінійного розширення ніж технічний вуглець. В результаті при підвищенні температури відносний обсяг полімерної матриці збільшується, що призводить до розриву каналів протікання електричного струму через композит і падіння провідності. Об'ємна частка вуглецевого наповнювача при цьому знижується, що враховується відповідно до (1). Результати моделювання температурної залежності опору представлені на рис. 1.

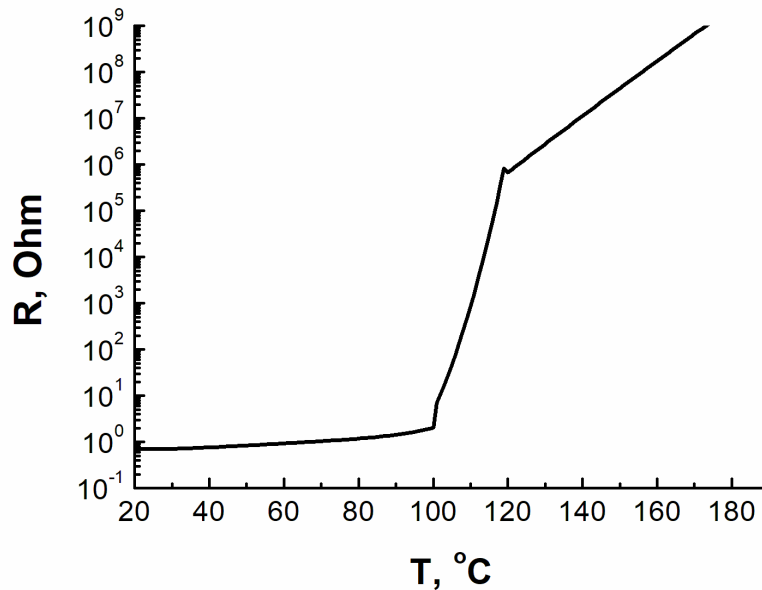


Рис. 1. Температурна залежність опору модельного зразка (для початкової об'ємної частки наповнювача 0,17).

На підставі вищенаведеної залежності були також отримані: 1) температурні залежності опору модельного зразка при різній концентрації наповнювача; 2) залежність температури запобіжників від часу після подачі на зразок фіксованого напруги; 3) вольт-амперні характеристики; 4) залежність відношення опору зразків в розігрітому стані до їх опору при кімнатній температурі.

Зіставлення результатів моделювання з експериментальними даними [2] дозволяє зробити висновок про їх задовільний збіг, що дозволяє визначити напрямки оптимізації технології виготовлення запобіжників для отримання необхідних параметрів.

- [1] Lux F. Models proposed to explain the electrical conductivity of mixtures made of conductive and insulating materials. *Journal of materials science*, Vol. 28, №. 2, (1993). p. 285-301.
- [2] Lyashkov A.Yu., Tonkoshkur A.S. Varistor composites with a positive temperature coefficient of resistance. *Technical Physics*, Vol. 56(3), (2011). p. 427-428.

MODELING OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SELF-RESETTING FUSES ON THE BASIS OF POLYETHYLENE-NANOCARBON COMPOSITES

A. Lyashkov

*Oles Honchar Dnipro National University
alexndnu@ukr.net*

The mathematical model of self-heating fuses was built to optimize their parameters. A three-dimensional percolation model was used. The simulation results are in satisfactory agreement with the experimental data. This allows to determine the optimization direction of fuses technology to obtain the required parameters.

ВПЛИВ ВЧ ПЛАЗМОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ НАНОРОЗМІРНИХ ПЛІВОК MoS_2

О. Котік¹, П. Охолін², Ю. Гоменюк², О. Слободян², С. Малюта²,
П. Литвин², А. Ніколенко², А. Назаров^{1,2}

¹Національний Технічний Університет України імені Ігоря Сикорського «КПІ»

²Інститут Фізики Напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
nazarov@lab15.kiev.ua

Бісульфід молібдену (MoS_2) є непрямозонним напівпровідником, який в одношаровому вигляді стає прямозонним з шириною забороненої зони 1.8 еВ. Таким чином, MoS_2 є перспективним матеріалом для наноелектроніки та оптоелектроніки і керування його електрофізичними властивостями є дуже важливою проблемою. Одним із методів, що дозволяє лігувати матеріали, зменшувати концентрацію електрично активних дефектів, знімати механічну напругу матеріалу, є воднево-плазмова обробка [1]. В даній роботі пропонується використати воднево-плазмову обробку для модифікації фізичних властивостей двовимірних структур MoS_2 .

В роботі використовується ВЧ плазмова обробка (13.6 МГц) в реакторі діодного типу в атмосфері формінг-газу ($10\%\text{H}_2+90\%\text{N}_2$) і аргону (для порівняння). Для визначення структури використовувались методи комбінаційного розсіяння світла (КРС), атомної силової мікроскопії та оптичної мікроскопії. Для дослідження електрофізичних властивостей колоїдний розчин MoS_2 розпилювався на золоті електроди (див. вставку на лівому рисунку). Після формування контакту вимірювались вольт-амперні характеристики структури. Рисунки демонструють значне зростання струму після обробок у формінг-газі і аргону, проте після 40 секунд обробки в аргоні починають проявлятися деградаційні процеси (див. правий рисунок).

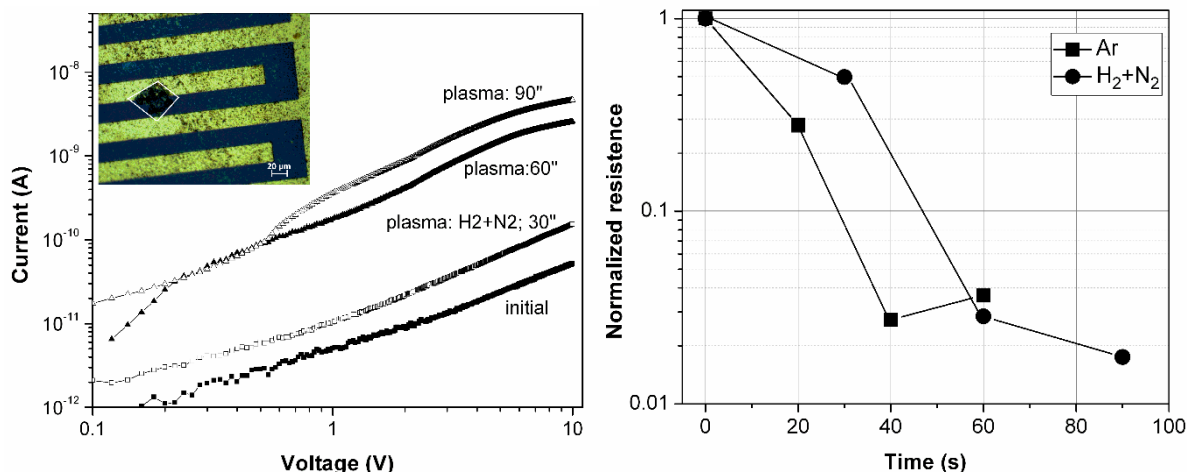


Рисунок. I-V характеристики пластинки MoS_2 , розташованої між золотими електродами, до і після ВЧ плазмової обробки у формінг-газі (зліва), а також нормалізований диференційний опір ($V=5\text{В}$) в залежності від часу плазмової обробки (справа).

У спектрах КРС спостерігались типічні фононні моди (E_{2g}^1 і A_{1g}), які відповідають кристалічному MoS_2 . Енергетичне положення цих фононних мод свідчить про товщину пластинок MoS_2 , яка більша ніж чотири моношара. Після плазмово-водневої обробки енергетична дистанція між цими фононними модами не змінювалась, що свідчить про

відсутність зменшення шарів матеріалу. Проте спостерігається блакитний зсув ліній A_{1g} і E_{2g}^1 у спектрі КРС, що може відповідати про додатне легування матеріалу дірками. В роботі аналізується зміна процесів транспорту заряду у плівці MoS_2 і їх зв'язок із структурою плівки.

- [1] Nazarov A.N., Lysenko V.S., Nazarova T.M. Hydrogen Plasma Treatment of Silicon Thin-Film Structures and Nanostructured Layers. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. Vol. 11. (2008). P. 101-123.

RF PLASMA TREATMENT EFFECT ON PROPERTIES OF NANOSCALE MoS_2 FLAKES

**O. Kotik¹, P. Okholin², Yu. Gomeniuk², O. Slobodian², S. Malyuta²,
P. Lytvyn², A. Nikolenko², A. Nazarov^{1,2}**

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky KPI"

²Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine
nazarov@lab15.kiev.ua

Effect of RF plasma treatment in forming gas and argon of 2D MoS_2 flakes is studied. It was shown that both type of the treatments resulted in reduction of differential resistance of the flakes that can be associated with additional doping of the material by holes. The last conclusion was obtained from micro-Raman research.

PHOTOELECTROCHEMICAL WATER SPLITTING BY PHOTOELECTRODES GROWN ON SnO_2 CERAMICS

**Alexander N. Bondarchuk¹, Iván Corrales-Mendoza¹, Sergio A. Tomás²,
Luis Á. Arellanes-Mendoza¹**

¹Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán 69000, Oaxaca, México,
alexbondua@yahoo.com

²Departamento de Física, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N., A.P.
14-740, Ciudad de México, 07360, México

The observed trends in today's world clearly show that humanity stands at the threshold of an energy revolution that will initiate the domination of renewable sources of energy in everyday life. The depletion of petroleum and gas fields, a grave deterioration of the environment and the resulting global warming make this an inevitable reality.

Photoelectrochemical (PEC) water splitting using solar energy is a highly promising technology to produce hydrogen as an environmentally friendly and renewable fuel with high-energy density (120-142 MJ/kg). During this process, the decomposition of H_2O molecules into H_2 and O_2 occurs on the photocatalytic structures of photoelectrode under solar light. Hydrogen

generation by this method was successfully tested in many labs. However, PEC water splitting on an industrial level requires the development of photoelectrodes which are relatively cheap in their large-scale production, environment-friendly and have a solar-to-hydrogen efficiency 10% or higher. To the best of our knowledge, this target has not been reached yet and is an ongoing challenge for many researchers.

In this work, we report about low-cost hematite (Fe_2O_3) and bismuth vanadate (BiVO_4) photoelectrodes with a relatively high PEC performance grown on conductive and high-porous SnO_2 -ceramics acting as a substrate to host photocatalytic coating. The Fe_2O_3 -electrodes, ceramic substrate and the Ag-contact electrodes were prepared as was described in [1]. The BiVO_4 -coating on the ceramic substrate was formed by the deposition of the BiVO_4 -precursor delivered to the substrate in air-flow as a nebulized aerosol at room temperature and subsequent heat treatment in air at 700°C for 1 h. The preparation of BiVO_4 -precursor was reported in [2].

The novelty of our approach consists in using easy-to-fabricate, conductive, and porous volume ceramics as substrate to host the Fe_2O_3 or BiVO_4 -coating that results in the high PEC performance of such photoelectrodes (Fig. 1). For the hematite photoelectrode reported here the photocurrent density of 2.8 mA cm^{-2} is achieved, and 1.1 mA cm^{-2} for the BiVO_4 photoanode at 1.23 V vs. RHE (reversible hydrogen electrode) in aqueous 0.1 M NaOH electrolyte under LED illumination (Thorlabs M455L2, $\lambda = 455 \text{ nm}$). These photocurrents are observed for unmodified photoelectrodes without adding a surface catalyst. The obtained results suggest that the relatively high PEC performance of reported photoelectrode is a result of using conductive and porous ceramic substrates to host photocatalytic coating.

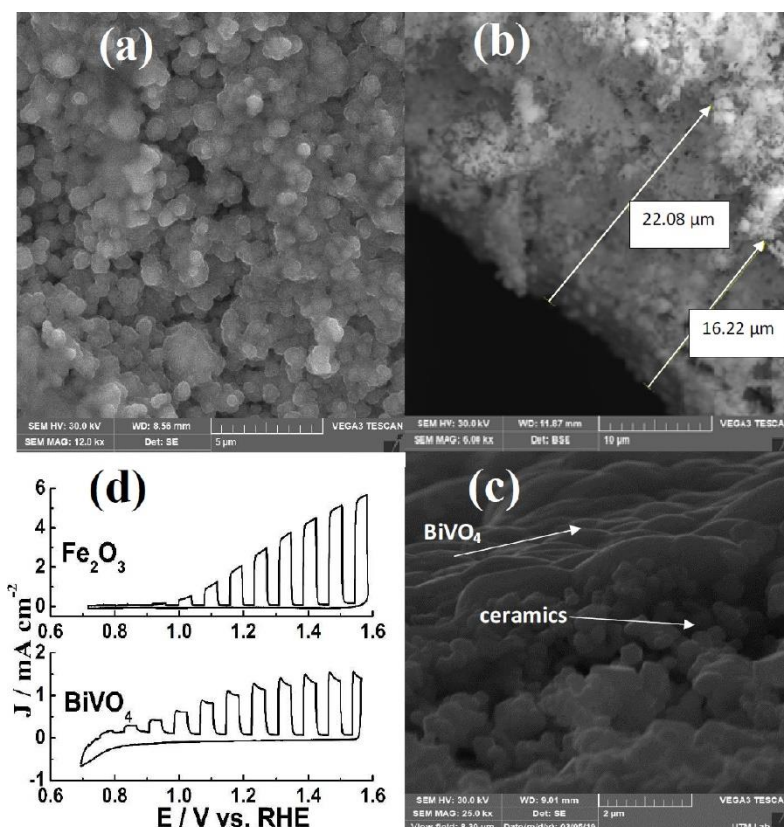


Fig.1. SEM micrographs of the Fe_2O_3 - and BiVO_4 – photoelectrodes: a) front view and (b) the cross-section of Fe_2O_3 -coating; (c) the cross-section of BiVO_4 -coating; (d) Cyclic voltammetry under chopped blue light ($\lambda=455 \text{ nm}$, 0.03 Hz) at increase potential and in the dark at decrease potential.

The porosity of the used SnO_2 -based ceramics allows some permeation of the precursors into substrate and 3D-growth of the photoactive layer (SnO_2 -grains covered by BiVO_4 or Fe_2O_3) to a depth of several micrometers (Fig.1b). At the same time, the thickness of the photocatalytic coating on individual grains is sufficiently thin (about 100-200 nm), which is favorable for charge diffusion to a material surface. In addition, the small size of ceramic grains (200-500 nm) is comparable to wavelengths of visible solar radiation (360-740 nm) and therefore, such 3D relief of a photoelectrode surface creates a good condition for a strong harvesting of light. The conductive bulk ceramics of substrate formed by the connecting SnO_2 -grains create favorable conditions for charge separation and electron transport to an external electric circuit. This architecture of the photoactive layer assures a good light absorption and electron harvesting, which results in a good PEC performance of the bulk ceramic photoanode.

Acknowledgements. This study was supported by the CONACYT-Mexico (project #A1-S-20353).

[1] Bondarchuk A.N, Corrales-Mendoza I., Tomas S.A., Marken F. A hematite photoelectrode grown on porous and conductive SnO_2 ceramics for solar-driven water splitting. *Int. J. Hydrogen Energy*. Vol.44. (2019). P. 19667-19675.

[2] Bondarchuk A.N, Marken F., Peter L.M., Rymanis Z., Iravani P. Preparation of the BiVO_4 film photoelectrode by a printer. VII Ukrainian scientific conference on physics of semiconductors. Book of Abstracts. (Dnipro, Ukraine, 26-30 September 2016). P. 265-266.

ТОНКОПЛІВКОВІ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ CdTe В СОНЯЧНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Т. Мазур^{1,2}, М. Мазур²

¹ Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
tetiana.mazur@nung.edu.ua

Актуальність енергетичної проблеми зумовлює необхідність розробки і виробництва відновлюваних джерел, серед яких особливе місце займають напівпровідникові сонячні елементи (СЕ), що забезпечують пряме перетворення сонячної енергії в електричну.

Хоча монокристалічний кремній SiCr поки що продовжує займати лідируючі позиції, проте останнім часом все більше уваги приділяється іншим матеріалам, до яких, зокрема, відносяться аморфний кремній ($\alpha\text{-Si:H}$), диселеніди міді-індію (CIS) та міді-індію-галію (CIGS), а також телурид кадмію (CdTe). Ще однією з переваг вказаних напівпровідників у порівнянні з SiCr є їх більш ефективне поглинання оптичного випромінювання, що допускає виготовлення дешевших тонкоплівкових СЕ. При чому середня ефективність η гетероструктур (ГС) $n\text{-CdS} / p\text{-CdTe}$ при 300 К в умовах освітлення AM1,5 становить $\sim 16\%$, що майже в два рази менше теоретичного значення[1].

Вважається, що однією з причин цього є малий час життя τ_s неосновних носіїв, які обумовлюють високу швидкість рекомбінації ν_s на межах розділу компонент ГС та зерен полікристалічної плівки CdTe. У зв'язку з цим зменшення ν_s (збільшення τ_s) повинно приводити до поліпшення основних параметрів СЕ - струму короткого замикання J_{sc} та напруги холостого ходу V_{oc} . Експериментально це підтверджується збільшенням V_{oc} з 0,84 до 0,93 В при заміні полікристалічної плівки CdTe монокристалічною підкладкою в гетероструктурному СЕ n-CdS / p-CdTe. Низькі значення J_{sc} , а в кінцевому підсумку і к.к.д. цих зразків, зумовлені великим опором досить товстих базових підкладок р-CdTe, концентрація вільних дірок в яких при 300 К не перевищує $7 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. А покращення структурної досконалості фотоактивного шару р-CdTe в тонкоплівкових СЕ n-CdS / p-CdTe дозволило підняти η до $\sim 21\%$, хоча V_{oc} зросла всього на 0,03 В [2]. Збільшення ефективності в даному випадку пов'язане з ростом J_{sc} внаслідок різкого зменшення послідовного опору ГС, що визначається тонким шаром р-CdTe. При цьому струм короткого замикання I_{sc} є лінійною функцією рівня освітленості L при її зміні межах більше чотирьох порядків. Напруга холостого ходу V_{oc} пропорційна $\lg L$ при низьких рівнях освітленості і прагне до насичення при великих, рис 1.

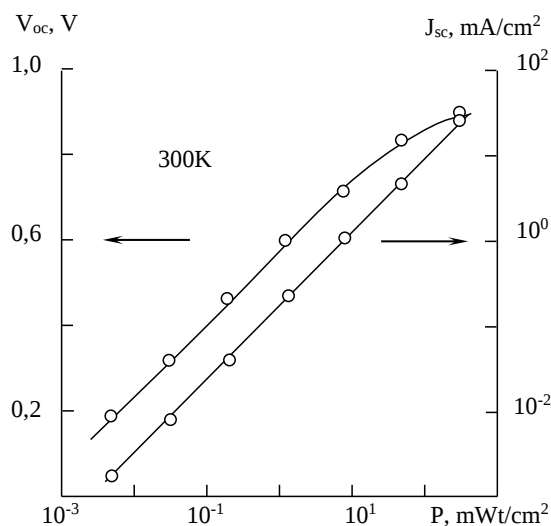


Рис. 1. Залежності J_{sc} та V_{oc} для поверхнево-бар'єрних діодів на CdTe:O₂ субстраті від густини потоку випромінювання сонячної енергії.

Невелике значення приросту V_{oc} дозволяє зробити висновок про те, що час життя неосновних носіїв визначається, переважним чином, рекомбінаційними процесами на межі поділу компонент ГС. Тим часом, використовуючи різні способи пасивації поверхонь монокристалів і крупнозернистих напівкристалічних плівок, можна зменшити величину ν_s на 1-2 порядки [3].

- [1] Гременок В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б.. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Изд. Центр. БГУ, М. (2007). 222 с.
- [2] Green M.A., Emery K., Hishikawa Y., Warta W., Dunlop E.D.. Solar cell efficiency tables (version 47) // Prog. Photovolt: Res. Appl., 24. (2016). P.3-11.
- [3] Reese M.O., Perkins C.L., Burst I.M., Farrell S., Barnes T.M., Jonston S.W.. Intrinsing surface passivation of CdTe // J. Appl. Phys., 118. (2015). P.155305

NEW TIN DIOXIDE BASED VARISTOR CERAMICS WITH HIGH NONLINEARITY COEFFICIENT

T. Mazur^{1,2}, M. Mazur²

¹ *Vasily Stefanik Priкарpathian National University*

² *Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*
tetiana.mazur@nung.edu.ua

The paper discusses the advantages and disadvantages of the most used today semiconductor materials of different structural perfection (single crystals, polycrystalline and amorphous) to create solar cells. The main attention is paid to the study of the possibilities of using single-crystal cadmium telluride as photoconverters.

A number of technological methods for modifying n-CdTe substrates are analyzed, which lead to a significant improvement in the electrical and photoelectric parameters and characteristics of surface-barrier diodes (SBD).

ВЗАЄМОДІЇ ЕПІТАКСІЙНИХ ШАРІВ Al/CuO

О. Чернікова

Криворізький національний університет
hmchernikova@gmail.com

Наноенергетичні матеріали для науковців представляють великий інтерес при виготовленні мікроелектромеханічних систем (МЕМС), оскільки їх можна легко інтегрувати, наприклад, у мікроаккумулятори та детонатори [1]. Їх висока густина енергії та сумісність із звичайними технологіями виготовлення робить їх ідеальними компонентами автономних мікро- та наносистем, що використовуються при виготовленні мікросхем для розробки систем в наноенергетиці. Тому нанопластили Al/CuO інтенсивно вивчаються протягом останнього десятиліття, про що свідчать ряд експериментальних та теоретичних досліджень [2].

В умовах вдосконалення матеріалів та багатофункціональних електронних пристроїв, в процесі виготовлення цих матеріалів, необхідний абсолютний контроль за атомною поверхнею матеріалу. Тому прогнозування процесу моделювання осадження є стратегічно важливим, оскільки, це може допомогти освоїти формування поверхонь досліджуваних матеріалів.

У цій роботі застосовується багаторівневий підхід моделювання осадження CuO на поверхню Al(100). Нанотерміти AlCuO - енергетичні матеріали, які здатні вивільняти велику кількість енергії. Ці матеріали можуть бути розроблені як багат шарові плівки товщиною нанометром за допомогою процесу осадження розпилення. Однак під час такого процесу осадження, спостерігається утворення неконтрольованих міжфазних шарів між шарами Al та CuO внаслідок атомної дифузії на межі обох матеріалів. Ці міжфазні шари показані як бар'єрні шари, які визначатимуть кінцеві властивості

матеріалів. З метою розробки та виготовлення матеріалів із спеціальними властивостями, важливо вміти прогнозувати формування цих міжфазних шарів.

Для розуміння локальних механізмів, що протікають на поверхні під час росту плівки Al/CuO, проведено теоретичне обчислення на основі методу теорії функціоналу і розрахунків з перших принципів. Оскільки під час першого етапу осадження спостерігається дисоціативна адсорбція CuO на Al. Ми зосередили нашу увагу на таких процесах як: дифузії атомів Cu на поверхні Al (100); взаємодії Cu та O на поверхню плівки; проникнення атомів Cu в приповерхневі шари та глибше в субстрат.

В результаті наших розрахунків показано, що CuO зазнає дисоціативної хемосорбції на поверхні Al(100), внаслідок чого атоми Cu і O мають тенденцію відокремлюватися один від одного. Осадження міді сприяє введенню Cu у приповерхневі шари Al, особливо при кластеризації, що знижує бар'єр активації проникнення.

- [1] Rossi C., Zhang K., Esteve D., Alphonse P., Tailhades P., Vahlas C. Nanoenergetic Materials for Mems: A Review. J. Microelectromech. Syst. Vol. 16. (2007). P. 919–931.
- [2] Zhu P., Shen R., Zhou X., Hu Y. Energetic Igniters Realized by Integrating Al/CuO Reactive Multilayer Films with Cr Films. J. Appl. Phys. Vol. 110. (2011). 074513.

INTERACTION BETWEEN THE EPITAXIAL LAYERS OF Al/CuO

O. Chernikova

*Kriviy Rih National University
hmchernikova@gmail.com*

In order to understand the local mechanisms that occur on the surface during the growth of the Al/CuO film, a theoretical calculation was performed based on the method of functional theory and first principles calculations. Dissociative CuO adsorption on Al is observed during the first deposition stage. We have focused our attention on such processes as: diffusion of Cu atoms on the Al (100) surface; Interactions between Cu and O on the film surface; penetration of Cu atoms into the surface layers and deeper into the substrate.

As a result of our calculations, it is shown that CuO undergoes dissociative chemisorption on the Al (100) surface, which causes the Cu and O atoms to tend to separate from each other. Copper deposition promotes the introduction of Cu into the Al surface layers, especially during clustering, which lowers the penetration activation barrier.

OBTAINING OF $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NANOCRYSTALS BY SHS METHOD

A. Kovalenko, O. Khmelenko, Y. Plakhtii, V. Slavnyi

Oles Honchar Dniprovsk National University

kovalenko.dnu@gmail.com

$\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ solid solutions have long attracted the attention of researchers, since they are promising materials for the creation of various micro- and optoelectronic devices: LEDs, lasers, luminescent matrices, white light sources, photodetectors, sensors, etc. [1]. An additional interest in these solid solutions is due to their use in optoelectronic structures in the form of nanocrystals (NCs). In this connection, the development of promising technologies for the synthesis of NCs is an urgent task. We used the self-propagation method of high-temperature synthesis (SHS) to obtain $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NCs. This method is characterized by several advantages: short time of the technological process, the ability to obtain the final product in large volumes, low cost and energy consumption per unit of production, the simplicity of the equipment used and its environmental safety [2].

The synthesis of NCs of $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ solid solutions was carried out according to the procedure described in the work [3]. The SHS reaction was initiated by a thermal pulse, which provided a current of ~ 35 A. The image of NC particles was obtained using a REMMA-102-02 scanning electron microscope; X-ray diffraction analysis (XRD) of the obtained NC was carried out on a DRON-2 diffractometer using $\text{Co K}\alpha$ radiation (Fig. 1). EPR spectra were studied on a Radiopan SE / X-2543 radio spectrometer (Fig. 2).

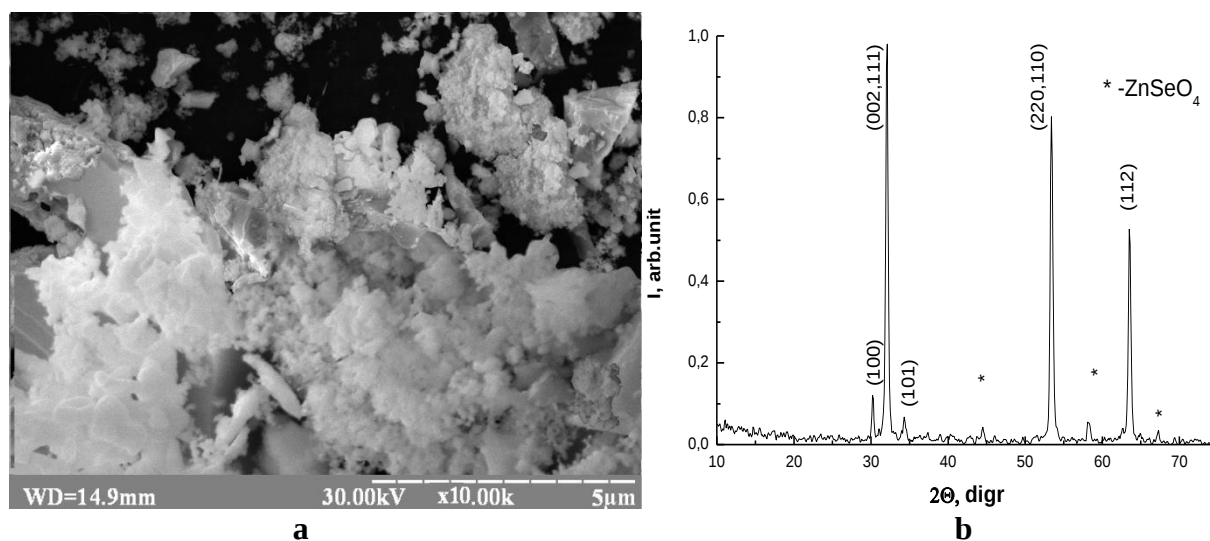


Figure 1. Surface morphology of $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NC at $x = 0$ (a); X-ray data (b) of $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NCs at $x = 0$; on X-ray diffraction patterns, the symbol * marks the ZnSeO_4 phase.

The $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NC crystals obtained by SHS were a powder whose morphology is shown in Fig. 1a. The XRD data (Fig. 1b) shows that this powder consisted of polycrystals with a mixed crystal framework and average sizes of 1 - 5 μm that in turn consisted of NC. Their dimensions were determined by the Scherrer technique and were within 55 ± 5 nm. The minimum dimensions of the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NC were specific to the value $x = 0.2$, and the maximum for the compound $x = 1$. The fraction of the hexagonal phase in the ZnS NC was $\sim (65 \pm 5)\%$, the cubic phase $\sim (35 \pm 5)\%$, in the $\text{ZnS}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$ NC – $(60 \pm 5)\%$ and $(40 \pm 5)\%$, in the $\text{ZnS}_{0.8}\text{Se}_{0.2}$

NC – $(50 \pm 5)\%$ and $(50 \pm 5)\%$, and in the ZnSe NC – $(30 \pm 5)\%$ and $(70 \pm 5)\%$, respectively. Thus, when the x parameter decreases, the fraction of the cubic phase in the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NC increased. The parameters of the NC crystal lattice of $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ solid solutions in the cubic phase were in the range from $a = 5.386 \text{ \AA}$ (for $x = 1$) to $a = 5.630 \text{ \AA}$ (for $x = 0$). Degrees of microdeformations of the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($\Delta a/a$) NC crystal lattice lie in the range from $5 \cdot 10^{-4}$ to $2 \cdot 10^{-3}$.

The EPR spectra of the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NCs are quite complex [3]. Especially noteworthy is the EPR spectrum of the ZnSe NC, shown in Fig. 2. The central part of the spectrum is represented by two groups of lines with the hyperfine structure (HFS) of Mn^{2+} ions, each of which consists of six lines. The most intense group is characterized by $g = 2.003$ and the constant HFS $A_1 = 62.68$ Oersted. A less intense spectrum is superimposed on this group of lines, which is characterized by the following parameters: $g = 2.005$ and constant HFS $A_2 = 64.98$ Oersted. Most likely, these lines of HFS of Mn^{2+} ions belong to those paramagnetic centers that are in the cubic and hexagonal surroundings of ZnSe NC, respectively, which is in good agreement with the XRD data. To the left of the intense central group of lines, an EPR spectrum is registered consisting of six low-intensity lines with spectrum parameters: $g \sim 1.8$ and constant HFS $A_3 = 64.91$ Oersted. An EPR spectrum consisting of six low-intensity lines with spectrum parameters: $g \sim 2.4$ and HFS constant $A_4 = 66.88$ Oersted is also registered on the right side of the central group of lines. It is possible that these EPR spectra are associated with Mn^{2+} ions located on the surface of NC, or in the ZnO phases (SHS synthesis was performed in air) and ZnSeO_4 . To obtain more accurate information about the location of Mn^{2+} ions, additional studies are needed.

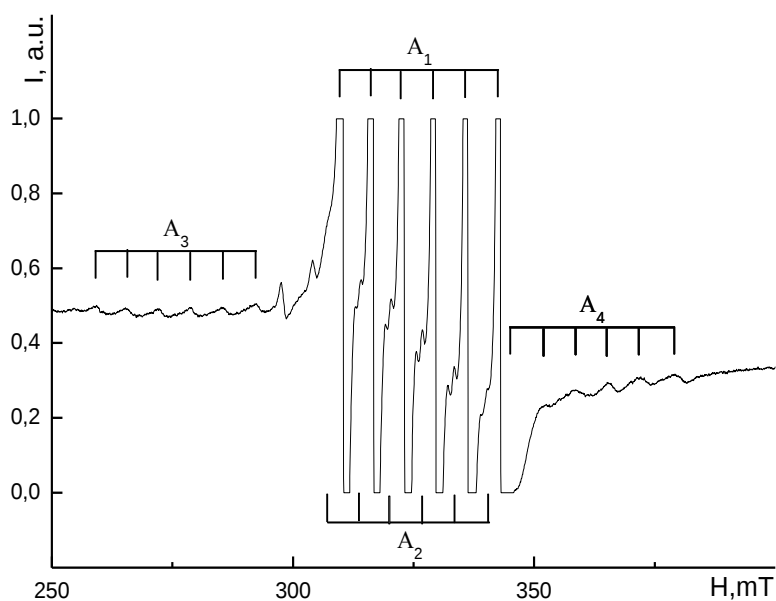


Figure 2. The EPR spectrum of the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ NC at $x = 0$, $T = 300 \text{ K}$.

- [1] Korbutiak D. V., Kovalenko O. V., Budzuliak S. I. Light-emitting properties of quantum dots made of semiconductor compounds A_2B_6 . Ukr. J. Phys. Reviews. Vol.7. (2012). P. 48-95.
- [2] Levashov E. A., Mukasyan A. S., Rogachev A. S., & Shtansky D. V. Self-propagating high-temperature synthesis of advanced materials and coatings. International Materials Reviews. Vol. 62. (2016). P. 203-239.
- [3] Kovalenko A. V., Ye G. Plakhtii, Khmelenko O. V. The peculiarities of the properties of $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$. Functional materials. Vol. 25. (2018). P.665-669.

ЕЛЕКТРОННІ ВЛАСТИВОСТІ МІЖПОЛІМЕРНОГО КОМПЛЕКСА PEDOT:PSS У СКЛАДІ ОРГАНО- НЕОРГАНІЧНИХ ФОТОВОЛЬТАІКІВ

В. Лобанов, М. Терєбінська, О. Філоненко, О. Ткачук

*Інститут хімії поверхні ім. А.А. Чуйко
Національної академії наук України
natbu@ukr.net*

На даний час спостерігається істотне зростання частки сонячної електроенергії у світовому виробництві електроенергії. Як пристрої, що перетворюють енергію сонячного випромінювання в електричну, зазвичай, застосовуються напівпровідникові сонячні фотоелементи (СФ). Максимальна ефективність перетворення сонячної енергії в електричну кращих зразків кремнієвих СФ складає 24.7%.

Недоліки кремнієвих та інших неорганічних СФ, їх досить обмежена здатність виробляти рентабельну електроенергію підштовхують до дослідження властивостей органічних напівпровідників (фотовольтаїків) - полімерів або низькомолекулярних сполук, що містять зв'язані ланцюги атомів вуглецю. Органічні СФ, які працюють на тонких плівках органічних фотовольтаїків, можуть бути легко виготовлені за допомогою простих і мало витратних технологій, наприклад, методом рулонного друку. Властивості, притаманні органічним СФ, дозволяють їх використовувати скрізь, де потрібні механічна гнучкість, мала вага і велика площа. Одним з найбільш перспективних матеріалів сонячної фотовольтаїки є міжмолекулярний комплекс полі(3,4-етилєндіокситіофен) або PEDOT з полістіролсульфоновою кислотою або PSS.

У доповіді наведено результати квантово-хімічних досліджень структурних і електронних властивостей інтерполімерного комплексу PEDOT:PSS, які виконані в трьох аспектах. Попередньо виконувалась оптимізація просторової структури міжполімерного комплексу. В подальшому розраховувався розподіл заряду по спряженому ланцюгу олігомерів 3,4-етилєндіокситіофену (EDOT), що має вирішальне значення для електростатичної взаємодії, яке задає формування супрамолекулярної структури комплексу PEDOT:PSS. І, нарешті, обчислювалася ширина енергетичної щілини між HOMO і LUMO, як важливий фактор, що дає уявлення щодо електропровідності полімерного ланцюга. Ширина щілини між HOMO і LUMO розраховувалася окремо для олігомеру 3,4-етилєндіокситіофену, що складався з дванадцяти елементарних ланок (12EDOT) в зарядових станах 0, +2 і +4, і олігомерів стіролсульфонової кислоти, які містили 2 або 4 мономерних одиниці (2SS або 4SS) з зарядом -2 та -4 відповідно. Комплекс PEDOT:PSS розглядався в нейтральному стані. Всі розрахунки виконувалися методом PDF з обмінно-кореляційним функціоналом B3LYP з використанням базису 6-31 G **.

Ланцюги π -спряження молекулярних орбіталей HOMO і LUMO нейтрального олігомера 12EDOT делокалізовані по всій довжині вуглецевого остова. Різниця енергій орбіталей HOMO і LUMO для олігомера 12EDOT, згідно розрахунків, становить 2,25 eV. Для комплексу 12EDOT²⁺:2SS²⁻ енергетичний зазор HOMO - LUMO зменшується до 1,09 eV, а для комплексу 12EDOT⁴⁺:4SS⁴⁻ він дорівнює 0,73 eV. Систематичне зниження ширини зазору між HOMO і LUMO чітко вказує на те, що електронна густина системи після легування може легко піддаватися змінам, і, таким чином, забезпечуючи підвищення електропровідності з підвищенням ступеня легування, що відповідає

експериментальним даним. Для комплексу $12\text{EDOT}^{2+}:2\text{SS}^{2-}$ орбіталь НОМО в основному локалізована на частини 12EDOT з невеликим внеском від $-\text{SO}_3\text{H}$ груп аніона, тоді як орбіталь НОМО-1 в основному локалізована на аніонній частині. Орбіталі LUMO і LUMO+1 майже повністю локалізовані на фрагменті 12EDOT²⁺. Для комплексу $12\text{EDOT}^{4+}:4\text{SS}^{4-}$ характерна локалізація НОМО і НОМО-1 на 12EDOT⁴⁺, в той час як незайняті орбіталі LUMO і LUMO + 1 переважно сконцентровані на фрагменті 4SS⁴⁻.

Моделюванням також встановлена наявність роз'єднаних поляронів в ланцюзі 12PEDOT. Проте, в сильнолегованих системах, таких як міжмолекулярний комплекс PEDOT:PSS, біполярони, швидше за все, присутні в якості носіїв струму. Експериментальні результати, наявні в літературі, не збігаються повністю з даними теоретичних розрахунків, але слід пам'ятати, що квантово-хімічні дослідження проводяться з використанням дуже короткого ланцюга 12EDOT і без урахування впливу розчинника. Отже, не можна очікувати, що усі теоретично отримані дані будуть ідеально відповідати дослідним. Проте, результати теоретичних розрахунків показали факт існування взаємодії між двома полімерами, що в кінцевому підсумку призводить до унікальної стабільності структури такої, як міжмолекулярної комплекс PEDOT та PSS.

Для низького ступеня окиснення олигомера 12EDOT відбувається утворення парамагнітних поляронів. При збільшенні ступеня окиснення поліарони перетворюються у біполярони, кожен з яких локалізується на фрагменті, що складається з чотирьох ланок EDOT, який може переміщатися уздовж полімерного ланцюга за рахунок реорганізації системи подвійних і ординарних зв'язків.

Зіставлення наявних в літературі експериментальних результатів з даними однієї або декількох теоретичних моделей дозволяє або описати спостережувані явища в рамках відомих теорій, або виявити прогалини в уявленнях щодо механізму електропровідності. Це дає можливість наблизитися до розуміння процесів переносу заряду в нових матеріалах, які відбуваються реально.

ELECTRONIC PROPERTIES OF THE PEDOT:PSS INTERPOLYMER COMPLEX IN THE COMPOSITION OF ORGANIC-INORGANIC PHOTOVOLTAICS

V. Lobanov, M. Terebinska, O. Filonenko, O. Tkachuk

*O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry
of National Academy of Sciences of Ukraine
natbu@ukr.net*

Using the DFT method (B3LYP, 6-31 G**), quantum-chemical calculations on the 12EDOT oligomer, consisting of 12 units of 3,4-ethylenedioxythiophene in charge states 0, +2, and +4, styrene sulfonic acid oligomers (SS) containing 2 or 4 elementary units with charges of -2 and -4, respectively, as well as intermolecular complexes $12\text{EDOT}^{2+}:2\text{SS}^{2-}$ and $12\text{EDOT}^{4+}:4\text{SS}^{4-}$ were performed. A systematic decrease in the gap width between HOMO and LUMO in intermolecular complexes was found compared with that in the 12EDOT oligomer, clearly indicating an increase in their electrical conductivity with an increase in the degree of doping. Simulation also elucidated the presence of separated polarons in the 12PEDOT chain with small doping, while in heavily doped systems, bipolarons are most likely present as current carriers.

ОПРОМІНЕННЯ ІОНАМИ ГЕЛІЮ ЯК СПОСІБ ФОРМУВАННЯ УПОРЯДКОВАНИХ СТРУКТУР У КРЕМНІЇ

Г. Гайдар, М. Старчик, М. Пінковська

Інститут ядерних досліджень НАН України

gaydar@kinr.kiev.ua

Імплантація іонів газів, таких як водень, неон, аргон, гелій, представляє значний інтерес завдяки можливості упорядкованого введення нанопор у кристал [1]. Гелій слабо розчиняється в Si. У процесі опромінення він збирається в газонаповнені вакансійні комплекси. При нагріванні Si до температури понад 400 °C ці комплекси ростуть, гелій з них звільняється і залишаються порожнини. Такі порожнини мають чисті внутрішні поверхні, які можуть витягувати будь-які небажані домішки з об'єму кристала і слугувати центрами релаксації напружень у ґратці [2]. Умовами отримання впорядкованих структур в опромінених кристалах є великі флюенси іонів. За таких умов можуть відбуватися сегрегація й аномальне перенесення домішок і дефектів.

Мета роботи – встановити особливості формування упорядкованих структур у кремнії, опроміненому великими флюенсами високоенергетичних іонів гелію.

Досліджено кристали кремнію, вирощені методом Чохральського та опромінені іонами гелію з енергією 27,2 MeV флюенсами 10^{16} – 10^{17} см⁻² при варіюванні щільності струму пучка в діапазоні 0,25–1,0 мкА/см². Зразки під час опромінення охолоджували протічною водою і їх температура при цьому не перевищувала 100 °C.

Рентгенівська топографія опроміненого зразка Si, знята після шліфування й хімічного полірування поверхні, показала значні порушення структури в області гальмування іонів на глибині близько 360 мкм. На мікрофотографіях поверхні Si, отриманих за допомогою растрової електронної мікроскопії після опромінення флюенсом 10^{17} см⁻² при зміні щільності струму пучка іонів у діапазоні 0,25–0,45 мкА/см², впорядковані структури дефектів у вигляді ліній напружень, перпендикулярних напрямку струму іонного пучка, було видно як в області пробігу іонів, так і за лінією гальмування (ефект далекодії). Встановлено, що формування впорядкованої дефектної структури при опроміненні Si високоенергетичними іонами є чутливим до інтенсивності іонного пучка.

Зі збільшенням щільності струму пучка іонів гелію до 1 мкА/см² лінії напружень з'являлися тільки в області пробігу іонів. Ефект далекодії за цих умов не спостерігався. Кількість ліній напружень в області пробігу іонів визначалася, ймовірно, розподілом температури за опромінюваною поверхнею, зменшуючись від центру до краю зразка, де було максимальне охолодження. Результати металографічного дослідження зразка Si, опроміненого флюенсом 10^{17} см⁻² при щільності струму іонного пучка 1 мкА/см², після вибіркового протравлювання показали, що область гальмування іонів гелію є сильно пошкодженою областю Si, яка складається з порожнин різних розмірів і форм, витравлених як суцільний шар й у вигляді окремих кластерів (рис. 1). Протравлена гальмівна лінія не однакова по ширині: на краю опроміненої області гальмівна лінія вужча, ніж у центрі. У безпосередній близькості від неї спостерігалися окремі дислокації, дислокаційні петлі і порожнини. Максимальна ширина лінії – в центрі опроміненої області (близько 90 мкм).

Мікрофотографії області пробігу і смуги гальмування іонів гелію у Si, отримані за допомогою растрового електронного мікроскопа, показали, що структура області

пробігу була не монокристалічною, а фрагментарною і мала сукупність впорядкованих ліній напружень, пов'язаних із дефектами, паралельних смузі гальмування і іонів гелію (рис. 2).

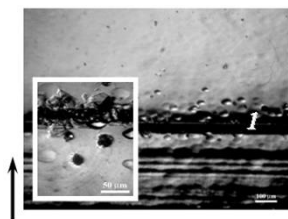


Рис. 1. Мікрофотографія вибіркового травлення (у центрі області опромінення) після опромінення Si: 1 – смуга гальмування іонів. Стрілкою вказано напрям опромінення. На вставці – структура ділянки гальмівної смуги 1

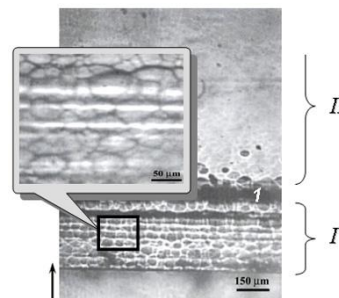


Рис. 2. Растрова електронна мікрофотографія поверхні Si після опромінення при щільності струму іонного пучка 1 мкА/см²: 1 – смуга гальмування іонів; I – область пробігу; II – область за смугою гальмування. Стрілкою вказано напрям опромінення. На вставці – структура ділянки області пробігу

- [1] Vishnyakov V.M., Donnelly S.E., Carter G. The influence of impurities on the growth of helium-induced cavities in silicon. *J. Appl. Phys.* V. 94, No. 1. (2003). P. 238–244.
- [2] Kögler R., Peeva A., Werner P., Skorupa W., Gösele U. Gettering centres in high-energy ion-implanted silicon investigated by point defect recombination. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B.* V. 175-177. (2001). P. 340–344.

IRRADIATION WITH HELIUM IONS AS A METHOD OF FORMING THE ORDERED STRUCTURES IN SILICON

G. Gaidar, M. Starchyk, M. Pinkovska

*Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua*

The comprehensive studies of the action of high-energy helium ions on Si crystals showed that in the case of prolonged irradiation with a large energy release, a large number of defects accumulate in a thin layer of a crystal. The areas of disordering that arose during the previous stages of irradiation are overlapped. As a result of the interaction of defects, a violation of the initial crystal structure occurs, and new conditions of defect formation arise. The process of defect formation passes through a stage of radiation-stimulated structural ordering (in the form of stress lines perpendicular to the direction of the current of the ion beam). Accordingly, the electrophysical, structural, and optical properties of the irradiated crystals are modified.

The metallographic studies of the structure of irradiated Si, which reveal the distribution of defects along the direction of irradiation, indicate that, although the highest voltages of the Si lattice are observed in the braking region of ions (as provided by the theory of interaction of radiation with a crystal), for large fluences, the layered distribution of stresses are observed in the ion pass region and beyond the band of their braking. It was established that the effect of structural ordering of defects in Si depends on the ion current density (irradiation intensity) and occurs at low beam current densities, that is, at lower irradiation temperatures.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗА ДАНИМИ ІМПУЛЬСНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЛІНІЙНОГО ОПОРУ, ЩО ОБМЕЖУЄ СТРУМ БАР'ЄРІВ ВАРИСТОРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Р. Лавров, О. Івон

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

Керамічні варисторні матеріали на основі оксидів цинку ZnO і олова SnO_2 використовують у виробництві варисторів. Особливістю цих матеріалів є висока нелінійність вольтамперної характеристики (ВАХ), що дозволяє застосовувати варистори на їх основі для захисту електронного та електротехнічного обладнання від перенапруги. Висока нелінійність ВАХ варисторних матеріалів обумовлена подвійними енергетичними бар'єрами Шоттки, які формуються на контакті зерен ZnO і SnO_2 при синтезі кераміки. В області сильних електричних струмів спостерігається зниження коефіцієнту нелінійності ВАХ із зростанням струму. Така поведінка обумовлена тим, що опір приповерхневих шарів зерен, де локалізовані бар'єри Шоттки, стає порівняним з лінійним об'ємним опором зерен. Оскільки ці опори увімкнені послідовно, зниження коефіцієнту нелінійності ВАХ в області сильних електричних струмів є наслідком обмеження струму крізь міжзеренні бар'єри лінійним опором зерен.

В даній роботі представлено обґрунтування методу, який за даними імпульсних випробувань дозволяє виміряти, при будь якій густині сильного струму J , ефективний питомий лінійний опір ρ_{lin} , що обмежує струм міжзеренних бар'єрів Шоттки варисторних матеріалів.

Метод використовує ВАХ, виміряну в області сильних електричних струмів на поодиноких імпульсах напруги, які не викликають нагрівання зразка кераміки. Така ВАХ в питомих параметрах, як функція $E=f(J)$ (E – напруженість електричного поля, J – густина струму), схематично показана на рис. 1.

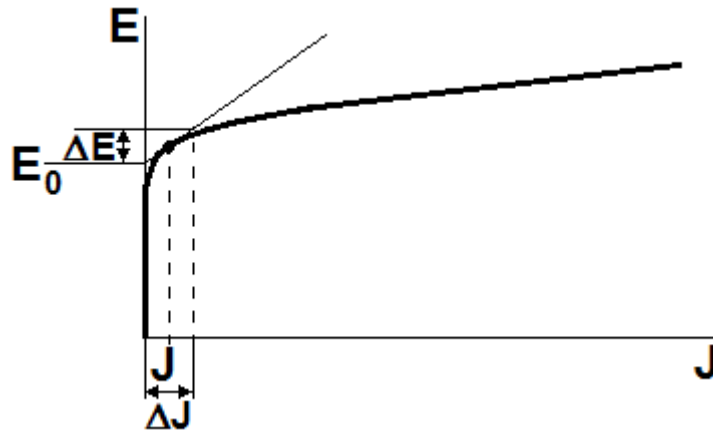


Рис. 1. Схематичне зображення вольтамперної характеристики варисторної кераміки в області сильних електричних струмів

Метод базується на моделі протікання сильних електричних струмів у варисторній кераміці, яка враховує неупорядкованість, пов'язану з розкидом розмірів зерен і висот енергетичних бар'єрів [1]. Згідно цій моделі струм нерівномірно протікає через поперечний переріз зразка варисторного матеріалу. Він локалізується у шляхах струму. Такі шляхи являють собою ланцюг послідовно увімкнених лінійних опорів зерен і нелінійних опорів приповерхневих шарів зерен, де розташовані подвійні бар'єри Шоттки. Обмеження струму бар'єрів у такому ланцюгу, увімкненому між електродами

зразка, починається, коли всі бар'єри в ньому переходять у режим зворотного електричного пробію (зенеровського або лавинного). Такі шляхи струму мають малий електричний опір і шунтують інші шляхи, які містять хоча би один не пробитий бар'єр. В області сильних електричних струмів домінуючий вклад у нелінійну електропровідність бар'єрів має лавинний пробій. Це дає сенс прийняти, що на кожному бар'єрі на шляху струму падає напруга, яка слабко залежить від струму і дорівнює E_g/e (E_g – ширина забороненої зони зерна, e – заряд електрона). Тоді, якщо до зразка кераміки прикладена напруга U , а струм j -того шляху дорівнює I_j то

$$U = I_j \sum_{i=1}^{N_j} R_i + \frac{N_j E_g}{e}, \quad (1)$$

де R_i – опір i -того зерна на шляху струму, N_j – кількість бар'єрів на j -тому шляху.

Виконавши сумування правої і лівої частин (1) по всім K можливим шляхам струму, при струмі через зразок I , та перейшовши до питомих параметрів, можна отримати вираз для ВАХ варисторної кераміки в області сильних електричних струмів:

$$E = J\rho_{lin} + E_0, \quad (2)$$

де $\rho_{lin} = \frac{S}{L} \cdot \frac{1}{K} \sum_{i=1}^{N_j} R_i$ – ефективний питомий лінійний опір, що обмежує струм бар'єрів

при густині струму зразка $J = I/S$ (S – площа електродів, L – товщина зразка); $E_0 = E_g/(eL_b)$. Значення L_b має сенс середньої відстані між бар'єрами у шляхах струму зразка варисторної кераміки при питомому струмі J . Ця відстань визначається як

$$L_b = L \left(\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K N_j \right)^{-1}.$$

Із співвідношення (2) випливає, що питомий лінійний опір, який обмежує струм бар'єрів варисторної кераміки при будь якій густині сильного струму J , можна знайти за нахилом дотичної проведеної в точці ВАХ, що відповідає струму J (рис. 1), як

$$\rho_{lin} = \Delta E / \Delta J. \quad (3)$$

Виконавши екстраполяцію дотичної до перетину з віссю напруги E , можна знайти значення E_0 , на підставі якого можна розрахувати середню відстань L_b між бар'єрами у шляхах струму при густині струму J через зразок кераміки, як $L_b = E_g/(eE_0)$.

[1] Vojta A., Wen Q., Clarke D. R. Influence of microstructural disorder on the current transport behavior of varistor ceramics / *Comp. Mater. Sci.* – 1996. – Vol. 6, № 1. – P. 51–62.

DETERMINATION BY DATA OF PULSE TESTS THE LINEAR RESISTANCE LIMITING THE BARRIERS CURRENT IN VARISTOR MATERIALS

R. Lavrov, A. Ivon

*Oles Honchar Dnipro National University
aiv_93@i.ua*

Method for determination of the effective linear resistivity ρ_{lin} , limiting the current of intergranular barriers in varistor materials is described. The value of ρ_{lin} is determined from the volt-ampere characteristic obtained by pulse tests in the region of high electric currents.

ELECTRICAL PROPERTIES OF HIGHLY POROUS CONDUCTIVE CARBON FILMS

**N. Pavlusiak¹, Yu. Gomeniuk², O. Slobodian², O. Gudymenko²,
A. Rusavsky², A. Vasin^{1,2}, A. Nazarov^{1,2}**

¹*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky KPI"*

²*Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine
nazarov@lab15.kiev.ua*

Porous carbon films are very attractive for different applications such as catalysis, energy storage, purification of gases and liquids and chemical gas sensors. In case of biomedical electron devices and chemical sensors based on electrical resistance response a carbon material has to be both highly porous and highly electrical conductive. In paper [1] method named as magnetron plasma enhanced chemical vapor deposition (MPECVD) was demonstrated for fabrication of highly porous carbon film from methane gas decomposition with subsequent high temperature annealing for graphitization. However high temperature annealing resulted in increasing of the material density and resistivity reached of several kOhm×cm that demanded special measurement equipment for employment the carbon film as resistive gas sensor. In present work to form porous graphitic carbon film a decomposition of acetylene (C₂H₂) gas and very low RF power in MPECVD technique were used for enhancement both porosity and graphitization.

Using X-ray reflectivity method it was obtained that thermal annealing in N₂ atmosphere at 650°C for carbon films deposited at low RF power always resulted in reduction of material density for all used acetylene concentration. Whereas for the carbon films deposited at increased RF power at small acetylene concentration the annealing led to increase of the material density (as in case presented in [1]), but at high acetylene concentration – to decrease of the material density. Comparing the density of our carbon films with the value for tetrahedral amorphous carbon (ta-C: 3.26 g/cm³) and graphite (2.26 g/cm³) we can estimate porosity of the film $\Phi(\%)$ using following simple equation: $\Phi(\%) = [1 - (\rho_m/\rho_c)](\%)$, where ρ_c is the density of the reference material. Obtained porosity of our graphitized material is about 55% that considerable higher than was obtained in paper [1] (about 34%).

Resistivity of our graphitized carbon films, measured by four point probes method, reached values about 200 Ohm×cm that is on order of value lower than in case presented in paper [1]. It should be noted that high porosity results in increased values of electrical resistivity, and there is an optimal value of porosity (about 45%) which shows minimal value of resistivity about 100 Ohm×cm. Temperature dependence of electrical conductivity of our porous carbon film demonstrates the Mott's law of $T^{-1/4}$ that corresponds to the variable-range hopping (VRH) process via the localized states at Fermi level. Frequency dependence of conductivity of the samples can be presented by power law $G=A\omega^s$ with $s<1$ that can be also associated with VRH conductance through the random network of hopping sites. A detailed analysis of the dependence of charge transport on porosity was carried out.

[1] Slobodian O.M., Rusavsky A.V., Vasin A.V., Khyzhun O.Yu., Gudymenko O.I., Kladko V.P., Nikolenko A.S., Tsykaniuk B.I., Lytvyn P.M., Gomeniuk Yu.V., Fesenko O.M., Nazarov A.N. Highly Porous Carbon Films Fabricated by Magnetron Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition: Structure, Properties and Implementation. Applied Surface Science. Vol. 496. (2019). P. 143735.

МЕТАСТАБІЛЬНІ СТАНИ В ПЛІВКАХ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Fe-Ag ОТРИМАНИХ ГАРТУВАННЯМ З ПАРИ

**О. Верес, С. Рябцев, Т. Кошляк, В. Башев,
А. Кушнерьов, С. Попов, Ю. Потапович**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
e-mail: siryabts@gmail.com*

У рівноважному стані залізо з сріблом не змішуються навіть в рідкому стані. Однак для заліза і платини, платини і срібла існують рівноважні діаграми стану. Оскільки залізо є феромагнетиком, срібло – діаманетик, платина - парамагнетик, отримання і дослідження фізичних властивостей плівок на їх основі представляє значний науковий і практичний інтерес.

Плівки FePt володіють великою енергією магнітокристалічної анізотропії, що може бути використано для розробки на їх основі носіїв інформації з високощільним магнітним записом [1]. Отримані результати є продовженням досліджень впливу нерозчинних в рідкому стані діаманітних домішок на структуру і фізичні властивості швидко охолодженого заліза [2-5]. В роботі досліджено впливу методу високочастотного іонно-плазмового розпилення (ВЧПР) і методу модернізованого триелектродного іонно-плазмового розпилення (МТПР) набірної мішені на структуру та властивості напилених плівок Fe-Ag-Pt [6].

Осадження плівок товщиною 300-350 нм здійснювалось на поліровані підкладки з ситалу СТ-32 або на свіжий відкол монокристала NaCl в атмосфері Ag при тиску ~ 133 мПа у методі високочастотного іонно-плазмового розпилення ~ 133 -53,3 мПа у методі модернізованого триелектродного іонно-плазмового розпилення.

В результаті електронографічного і рентгеноструктурного аналізу встановлено, що у щойно напилених плівках Fe- 21 ат.% Ag- 10 ат.% Pt утворюється аморфна фаза. Розмір області когерентного розсіювання (ОКР) аморфної фази, яка отримана методом модернізованого триелектродного іонно-плазмового розпилення, зростає від 1,6 нм до 2,5 нм зі зменшенням розрахованих значень енергії атомів, що осаджуються, від ~ 100 еВ до ~ 20 еВ.

Аморфна фаза в плівках Fe-Ag-Pt, отриманих методом високочастотного іонно-плазмового розпилення, характеризується ОКР $\sim 2,5$ нм.

Термічну стабільність аморфних плівок Fe-Ag-Pt оцінювали за результатами визначення зміни електроопору під час неперервного нагріву у вакуумі (~ 13 мПа) зі швидкістю 18 K/min.

Використовуючи отриману залежність, досліджували структуру та властивості плівки після відпау. Залежність електроопору від температури показує, що аморфна плівка Fe-Ag-Pt стабільна до 550-630 К. Так у діапазоні температур 290 – 550 К спостерігається зворотна зміна електроопору плівки, яка отримана методом ВЧПР, що вказує на відсутність фазових перетворень. При підвищенні температури від 530 К до 910 К незворотне зменшення електроопору свідчить про те, що структура плівки змінюється.

У плівках, які отримані методом модернізованого триелектродного іонно-плазмового розпилення температура розпаду аморфної фази зростає від 630 К до 660 К при зростанні розрахованих значень енергії атомів, що осаджуються, від ~ 20 еВ до ~ 100 еВ.

Магнітні властивості плівок досліджували за допомогою вібромагнітометра. Вимірювання проводилися на щойнонапиленіх і термооброблених зразках при напрямі зовнішнього поля паралельно ($\parallel$) і перпендикулярно ($\perp$) площині плівки. Результати аналізу кривих намагнічування-розмагнічування плівок Fe-Ag-Pt показують, що термообробка плівок призводить до зростання коерцитивної сили від 1 кА/м до 12 кА/м. Для плівок Fe-Ag-Pt у щойнонапиленому стані криві гістерезису спостерігаються тільки при зовнішньому магнітному полі, паралельному площині плівки. Після термообробки криві гістерезису спостерігаються при напрямі зовнішнього поля як паралельно, так і перпендикулярно площині плівки. Встановлено, що коерцитивна сила при полі, перпендикулярному площині плівки, набагато більше, ніж при паралельному полі, і складає ~ 95 кА/м.

- [1] C. Brombacher, Chemnitz University of Technology, Faculty of Natural Science, 2010, P. – 3-6.
- [2] Ryabtsev S.I. The Physics of Metals and Metallography vol. 108, N3, (2009), P. 226-231/
- [3] Ryabtsev S., Gusevik P., Bashev V., Dotsenko F. Journal of Materials Science and Engineering A & B, Volume 2, Number 9A, (2012), P.648-653
- [4] Touboltsev V., Raisanen J., Kolodyazhnaya M. J.Appl.Phys. V. 92, N 2, (2002). P. 895-901.
- [5] Jen-Hwa Hsu, Lee J.T., Ching-Ray Chang, Lin M.T. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - V. 226 (2001).. - P.502-504.
- [6] Dotsenko F. F., Bashev V. F., Ryabtsev S. I., Korchak A. S. Physics of Metals and Metallography vol. 110, No. 3: (2010), P. 223-228.

METASTABLE STATES IN FILMS BASED ON THE Fe-Ag SYSTEM OBTAINED BY QUENCHING FROM VAPOR STATE

**O. Veres, S. Ryabtsev, T. Koshlyak, V. Bashev,
A. Kushnerov, S. Popov, Yu. Potapovich**

*Oles Honchar Dnieper National University
e-mail: siryabts@gmail.com*

The method of high-frequency ion-plasma sputtering and method of modernized ion-plasma sputtering produced metastable states, including amorphous phases in films of Fe-Ag-Pt alloys whose components do not mixed in the liquid state. The periods of the crystal lattices and the dimensions of the crystallites of the nonequilibrium phases in the fresh-sputtered state and after the heating are determined. The temperatures of the beginning and the end of the decomposition of metastable phases are established when heated at a constant rate. The electric and hysteretic magnetic properties of films in freshly dusted and thermally processed states are measured. The compositions and conditions for obtaining films with low values of the temperature coefficient of electrical resistivity and coercive force ($H_c \sim 95$ kA/m) are established. Such films can be promising for use as thin-film precision resistors and magnetic information carriers with an increased recording density.

ПОРІВНЯННЯ ІНТЕРКАЛЯЦІЇ АТОМІВ Na ТА Li В АНОДІ АКУМУЛЯТОРА, ВИКОНАНОГО ІЗ SnS_2 : РОЗРАХУНКИ ІЗ ПЕРШИХ ПРИНЦИПІВ

Р. Балабай, І. Олійник, Ю. Прихожа

Криворізький державний педагогічний університет
balabai@i.ua, prihozhaya.yuliya93@gmail.com

Сьогодні літій-іонні акумулятори є провідною системою накопичення та зберігання енергії, але недостатня кількість у природі літєвих ресурсів, їх токсичність та висока вартість потребує пошуку нових матеріалів. Альтернативною заміною літій-іонних акумуляторів є натрій-іонні, що мають аналогічну електрохімічну поведінку.

Протягом останнього часу графіт вважався найкращим анодним матеріалом для літій-іонних акумуляторів. Однак, такий матеріал виявився неефективним для натрій-іонних акумуляторів, адже радіус іона Na більший за радіус Li, що призводить до низької теоретичної ємності матеріалу. Халькогеніди з шаруватою структурою мають великий потенціал в якості використання таких матеріалів для аноду іонних батарей. Зокрема, SnS_2 має таку кристалічну будову, що в межах атомних площин існує сильне ковалентне зчеплення, а між шарами відбуваються слабкі Ван-дер-Ваальсові взаємодії. Шарувата структура SnS_2 містить достатньо великі обсяги для руху інтеркальованих атомів Li та Na, що може забезпечити високу ємність анодного матеріалу [1]. Отже, виникає потреба у дослідженні високоефективних електродних матеріалів для натрій-іонних та літій-іонних батарей.

У даній роботі результати обчислювального експерименту отримано за допомогою авторського програмного коду [2], в основі якого покладено метод функціоналу електронної густини та псевдопотенціал із перших принципів [3]. Отримано просторові розподіли густини валентних електронів та їх перетини (рис. 1), повну енергію атомної системи електроду, енергетичні бар'єри міграції атомів Na та Li в міжшаровому прошарку аноду акумулятора, виконаного із SnS_2 при різній наповненості його атомами Na та Li.



Рис. 1. Перерізи (110) просторових розподілів густини валентних електронів у межах комірки, атомний базис якої моделює два бішари SnS_2 , з інтеркальованими у міжшаровий прошарок SnS_2 атомами Na (верхній ряд) та Li (нижній ряд) при наповненості прошарку від 12,5% до 100%

Встановлено, що рух атомів Na та Li в міжшаровому просторі анодного матеріалу супроводжувався долаттям енергетичних бар'єрів, величина яких залежала від ступеня наповнюваності прошарку SnS_2 атомами металу. Визначено оптимальну наповненість прошарку SnS_2 атомами Na та Li в 75% (рис. 2), при якій рух атомів Na та Li супроводжувався найменшими енергетичними затратами.

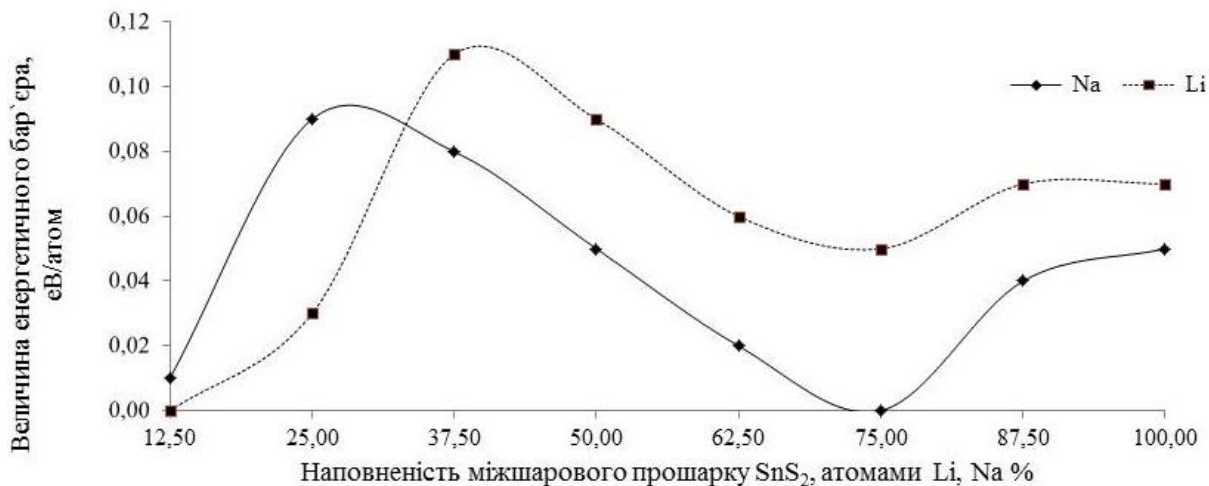


Рис. 2. Залежності величини енергетичного бар'єру від наповненості міжшарового прошарку SnS_2 атомами Li або Na.

- [1] R. Schmich, R. Wagner, G. Hörpel, T. Placke, M. Winter, Performance and cost of materials for lithium-based rechargeable automotive batteries, Nat. Energy, 3 (2018) 267.
- [2] Ab initio calculation [Електронний ресурс]: Інтернет-портал. Режим доступа: <http://sites.google.com/a/kdpu.edu.ua/calculationphysics/>.—Загол. з екрана.
- [3] R. Balabai, Yu. Prikhodzha .Intercalation of Li Atoms in a SnS_2 Anode of Battery: ab initio Calculation. Physics and Chemistry of Solid State. – 2019. - V. 20, № 2. P. 120-126.

THE COMPARISON OF INTERCALATION OF NA AND LI ATOMS IN A SnS_2 ANODE OF BATTERY: AB INITIO CALCULATION

R. Balabai, I. Oliynik, Yu. Prikhodzha

*Kyryvi Rih State Pedagogical University
balabai@i.ua, prikhodzha.yuliya93@gmail.com*

Applying the methods of the functional of electronic density and ab initio pseudopotential, we carried out computational experiments, using the author's software complex, on atomic models that correctly reproduced the 2-D layered structure of tin chalcogenides with intercalated Na and Li atoms. The comparison distributions of the density of valence electrons, the energy barriers of migration of Na and Li atoms in the intermediate layer SnS_2 are compared.

ПЕРЕВАГИ МЕТОДУ СКОРОЧЕНОГО ОПИСУ БОГОЛЮБОВА В ТЕОРІЇ НАДВИПРОМІНЮВАННЯ

С. Лягушин¹, О. Соколовський¹, С. Соколовський²

¹ Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

² Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

lyagush.new@gmail.com

Надвипромінювання Дікке [1] – одне з найцікавіших колективних квантових явищ, воно викликає значний інтерес як поле розвитку методів нерівноважної статистичної фізики і як шлях до нових технологій генерації когерентного випромінювання, в тому числі в частотних діапазонах, недоступних для генерації на основі вимушеного випромінювання. У моделі Дікке розглядаються системи дворівневих випромінювачів, взаємодіючих через електромагнітне поле, між ними встановлюється кореляція і виникає в імпульсному режимі кооперативне спонтанне випромінювання, інтенсивність якого пропорційна квадрату кількості збуджених атомів. У літературі обговорювалась можливість побудови такого когерентного генератора для рентгенівського та гамма-діапазону (генератор на основі бозе-конденсату позитронію). Характерний факт – те, що для надвипромінювання теорія щонайменше на 20 років випередила експеримент. При цьому довгий час теоретики йшли шляхом застосування до цієї моделі методів рівноважної статистики. У роботі Банфі та Боніфачо 1975 року було застосовано метод проєкційного оператора й доведено, що ефект спостерігатиметься для приосьових мод видовженої системи.

Перше послідовне дослідження процесу самоорганізації атомів у процесі наближення до стану рівноваги було зроблено в роботі Боголюбова (мол.), Фам Ле Кієна та Шумовського 1982 року, де було застосовано метод вилучення бозонних змінних, розроблений Боголюбовим і Боголюбовим (мол.). Виходячи з ідеї ієрархії часів у задачі про надвипромінювання можна виділити швидкий процес зміни стану підсистеми F з надзвичайно великою кількістю ступенів вільності – поля випромінювання – і «повільний» процес релаксації «малої» (в сенсі кількості ступенів вільності) підсистеми випромінювачів M . Лема Боголюбова встановлює зв'язок середнього від добутку операторів породження та знищення мод поля та довільного оператора сукупної системи $(M+F)$ з середнім від їх комутатора за умови, що в початковий момент вмикається взаємодія підсистем і поле знаходиться в рівноважному стані з певною температурою.

Описуючи нерівноважний процес у моделі Дікке поведінкою середніх атомної підсистеми M (значення середнього не залежить від того, яка картина еволюції використовується), приходимо до диференціального рівняння, де фігурують добутки, розглянуті в лемі Боголюбова, яка дозволяє вилучити польові оператори й отримати інтегродиференціальне рівняння, де права частина містить середні операторів підсистеми M більш високого порядку, ніж ліва, а інтегрування проводиться за часом. Результат – ієрархія кінетичних рівнянь для підсистеми M (аналог ланцюжків Боголюбова для рівноважних і кінетичних функцій розподілу). Характерно, що стан системи Дікке аналізується за поведінкою середніх підсистеми випромінювачів, хоча найцікавішим є стан поля. Однак цей підхід дозволяє точно знайти час затримки надвипромінювального імпульсу. Для випадку збудження випромінювачів квазімонохроматичним імпульсом обґрунтовано спосіб розчеплення ланцюжка на етапі

використання кореляційних функцій 2-го порядку. Для зосередженої системи вивчався перебіг процесу з урахуванням кореляційних функцій вищих порядків; розглядалися різні варіанти розчеплення. Суттєвого внеску ці кореляційні функції не давали.

У Дніпровському національному університеті вперше до моделі Дікке було застосовано метод скороченого опису Боголюбова у формулюванні харківської наукової школи [2]. Спочатку були відтворені відомі результати більш послідовним і регулярним шляхом, потім розглядалися збудження в підсистемі випромінювачів і додаткові чинники. Перевага методу полягає в тому, що стан системи після проходження певного часу визначається кількома макроскопічними параметрами (параметри скороченого опису – ПСО, які можуть мати локальний, польовий характер) і статистичний оператор знаходиться у функціональній залежності від них, тобто ми маємо відразу справу з середніми у певний момент. До числа ПСО можна включити як амплітуди електромагнітного поля, так і кореляційні функції різного порядку (щонайменше – 2-го) – будемо використовувати загальне позначення η_a , стан підсистеми випромінювачів має описуватися локальною характеристикою – густиною їх енергії ε . Отримуємо досить повний опис формування надвипромінювального імпульсу [3]. Статистичний оператор системи $\rho(\eta, \varepsilon)$ задовольняє інтегральному рівнянню, яке розв'язується ітераційним шляхом, а нульове наближення за умов Пелетмінського–Яценка для ПСО [2] – це добуток квазірівноважних статистичних операторів підсистем. На кожному етапі ітерацій ми маємо замкнуту систему диференціальних рівнянь для того набору ПСО, яким вирішуємо обмежитись. Проблема розчеплення не виникає. Але характеристики речовини і поля пов'язані матеріальними рівняннями. Рівняння еволюції мають перспективу чисельного дослідження.

- [1] Боголюбов Н.Н. (мл.), Шумовский А.С., Сверхизлучение //Дубна: Изд-во ОИЯИ, 1987, 88 с.
- [2] Ахиезер А.И., Пелетминский С.В., Методы статистической физики //М.: Наука, 1977, 368 с.
- [3] Lyagushyn S.F., Sokolovsky A.I. Kinetics of system of emitters and nonequilibrium electromagnetic field // Physics of Particles and Nuclei. Vol. 41, Issue 7. (2010). P. 1035–1038.

ADVANTAGES OF THE BOGOLYUBOV REDUCED DESCRIPTION METHOD IN SUPERRADIANCE THEORY

S. Lyagushyn¹, A. Sokolovsky¹, S. Sokolovsky²

¹Oles Honchar Dnipro National University

²Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture
lyagush.new@gmail.com

Different approaches to the investigations of superradiance effect famous Dicke model are presented. The method of boson variable elimination based on Bogolyubov lemma and corresponding difficulties are described. Opportunities of the reduced description method used in DNU are revealed. Its advantages are the possibility of studying field correlations, the simultaneous character of equations, and the absence of chain decoupling problem.

ГЕНЕРАЦІЯ НАНОЧАСТИНОК БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ У ПЛАЗМОВО-РІДИННИХ СИСТЕМАХ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

**В. Черняк¹, В. Юхименко¹, К. Юхименко¹, О. Коломієць¹, Д. Гамазін¹,
Ю. Самченко², А. Горячко¹**

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка

²Інститут біоколоїдної хімії імені Ф. Д. Овчаренка НАН України
oksana_solomenko@ukr.net, yvitaliy@ukr.net

Напрацювання наночастинок у плазмових системах є одним з перспективних напрямків розробки плазмових технологій. У плазмових системах можливе напрацювання наноматеріалів різної природи, зокрема вуглецевих (фуллерени, нанотрубки, графен), неметалевих та металевих наночастинок. Напрацювання наночастинок благородних металів у вигляді колоїдних розчинів можливе при обробці розчинів солей цих металів плазмою електричного розряду. У випадку коли рідина виступає у якості одного з електродів.

Для напрацювання наночастинок благородних металів були розроблені плазмово-рідинні системи, що можуть бути використані, зокрема, для генерації наночастинок срібла з розчину нітрату срібла та аміачного розчину окису срібла. В медицині вони (наночастинки срібла) використовуються для знезараження, прискорення загоєння ран. Для реалізації цієї задачі можуть бути перспективними плазмово-рідинні системи атмосферного тиску з обертовим ковзним розрядом. Інтерес до систем з обертовим ковзним розрядом викликаний тим, що такий розряд дозволяє отримати нерівноважну плазму атмосферного тиску великого перерізу. Це забезпечує велику площу контакту між плазмою та рідиною, що обробляється. Вторинний розряд створює стрибок потенціалу над поверхнею рідини, що забезпечує більш ефективне проникнення активних частинок, що генеруються плазмою.

В роботі проводились дослідження по генерації наночастинок срібла в водних розчинах AgNO_3 в плазмово-рідинних системах атмосферного тиску з вторинним розрядом та розрядом, що занурений у рідину, що підтримується обертовим ковзним розрядом.

Вторинний розряд підтримується між поверхнею рідини і каналом основного розряду. Обертовий ковзний розряду використовується в цій системі, як підтримуючий. Плазмотвірний газ подають через два тангенційних канали. Обертання розрядного каналу відбувається за рахунок обертання газового потоку. Електричний потенціал передається рідини через електрод в нижній частині посудини. Живлення обох розрядів здійснюється від двох незалежних джерел живлення постійного струму з максимальною напругою 7 кВ або від джерел змінного струму з максимальною напругою 7 кВ. Баластні опори використовуються для обмеження максимального струму і стабілізації режиму роботи розряду.

Як робочий газ використовувався аргон (Ar). Оброблювались водні розчини AgNO_3 з додаванням поверхнево активної речовини (полівінілпіролідон) у різних кількостях 4% та 5,5%. Молярна маса срібла у розчині була 40000 – 50000 моль. Розчини

оброблювались при різних напрямках електричного поля. В систему заливали розчин об'ємом 50 мл. Під час обробки колір розчинів змінювався, а донний електрод вкривався плівкою.

Після обробки водних розчинів AgNO_3 , для визначення розмірів отриманих частинок, використовувались декілька методів: атомно силова мікроскопія (АСМ) та динамічне розсіювання світла (ДРС). Методика динамічного розсіювання світла (ДРС) виконувалась за допомогою приладу Malvern Zetasizer Nano S. Він обладнаний He-Ne-лазером, що працює на довжині хвилі $\lambda = 633$ нм та має робочий інтервал від 0,6 нм до 6 мкм.

Для того, щоб дізнатись чи змінюються розчини з часом проводилось вимірювання спектрів поглинання оброблених розчинів відразу після обробки у системі та протягом декількох діб. Спектри поглинання декількох розчинів з часом змінилися. Максимум в околі 420 нм зменшився. Ці розчини повернулись до вихідного стану який був до обробки. Інші зразки виявились досить стабільними у часі. Максимум в околі 420 нм в цих зразках зменшився в 1,5-2 рази через три доби і застабілізувався.

З отриманих результатів видно, що подвійне зростання концентрації срібла у дисперсії не тільки не призводить до агрегації, а призводить, навіть, до деякого зменшення розміру наночастинок.

- При обробці всіх приготованих розчинів плазмою вторинного розряду спостерігалось потемніння розчину. Потемніння при обробці розчину нітрату срібла дозволяє припустити, що потемніння пов'язано саме з випаданням з розчину срібла.
- Розміри наночастинок виміряні через кілька днів після обробки були від десятків до сотень нанометрів.
- Синтез наночастинок методом хімічного відновлення демонструє високу агрегативну стійкість синтезованих нанодисперсій срібла та їх практичну незмінність протягом 20 діб.
- Подвійне зростання концентрації срібла у дисперсії не призводить до агрегації, а призводить до деякого зменшення розміру наночастинок.

GENERATION NOBLE METAL NANOPARTICLES IN PLASMA-LIQUID SYSTEMS OF ATMOSPHERIC PRESSURE

V. Chernyak¹, V. Iukhymenko¹, K. Iukhymenko¹, O. Kolomiets¹,
D. Hamazin¹, Y. Samchenko², A. Goriachko¹

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv

²F.D. Ovcharenko Institute of Biocolloidal Chemistry NAS Ukraine

oksana_solomenko@ukr.net, yvitaliy@ukr.net

Generation of silver nanoparticles in plasma-liquid system with secondary discharge that supported by rotating gliding discharge and system with discharge that immersed in a liquid were investigated in work. Parameters of liquids after plasma treatment were investigated by absorption spectroscopy method. The Atomic Force Microscope was used to determine the particle sizes obtained during the processing.

EFFECT OF Mo-DOPING ON THE OPTICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF CdTe CRYSTALS AND THEIR DEFECT STRUCTURE

A. Bukivskii^{1*}, Yu. Gnatenko¹, P. Bukivskij¹,
M. Furier¹, L. Tarahan¹, R. Gamernyuk²

¹*Institute of Physics of National Academy of Sciences of Ukraine*

²*Lviv National University*

* *ap.bukivskii@gmail.com*

CdTe semiconductor is a suitable material for elaboration of near-infrared photodetectors, gamma and X-ray detectors, solar cells and other devices for modern optoelectronics. The efficiency of these devices is determined by the presence of both intrinsic and extrinsic defects, as well as optical quality of semiconductor materials. It is well known that the transition metals of the iron group form deep impurity states in A²B⁶ semiconductors, which strongly affects their electronic properties, because they are involved in the self-compensation mechanism

Low temperature photoluminescence (PL) and photodiffusion current (PDC) measurements are effective methods for studying the defect structure of various semiconductor materials. That makes it possible to determine the nature and energy levels of both acceptor and donor centers in semiconductor materials, as well as optical quality of the investigated crystals.

In this work, for the first time, the concentration dependence of photoluminescence and photodiffusion current spectra of CdTe crystals doped with Mo atoms was studied. This makes it possible to obtain information on the effect of Mo-doping on the intrinsic defects and the optical quality of CdTe crystals. It was shown that at low Mo concentrations ($N=10^{18} \text{ cm}^{-3}$), an intense short-wavelength line is due to the acceptor-bound excitons (A_1^0X -line) associated with residual Na impurities. This indicates that the investigated crystals have p-type of conductivity. The presence of Na atoms in CdTe:Mo crystals is also supported by the observation of recombination between electrons of the conduction band and acceptor levels associated with these impurity atoms for the crystals with $N_{Mo}=10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and $N_{Mo}=10^{20} \text{ cm}^{-3}$. The broad intense band at 1.5474 eV is associated with emission caused by the recombination of free electrons with acceptor centers, i.e. $e-A$ optical transition. The energy of this acceptor level corresponds to $E_V+0.0586 \text{ eV}$, which is close to the A_1 -acceptor level with the photoionization energy of 58.0 meV, caused by the presence of residual Na impurity. For higher Mo concentrations ($N=10^{19} \text{ cm}^{-3}$), the PL spectrum contains only A_1^0X -line, which is very narrow. This indicates that the concentration of the acceptor caused by cadmium vacancies is very low, and the crystals have a high optical quality. For the crystals with Mo concentrations equal to $N=10^{20} \text{ cm}^{-3}$, a characteristic peculiarity is the broadening of the exciton PL line and broad bands, which shows a decrease in optical quality. This may be due to the formation of MoTe_2 compounds in CdTe crystals. Therefore, for these crystals, the number of cadmium vacancies is increasing, because in this case, the Mo impurities are mostly interstitial atoms. Therefore, for these crystals, the amount of cadmium vacancies increase, since in this case, Mo impurities are mainly interstitial atoms. The PL bands associated with recombination of DAP, which include the complex acceptor centers, as well as those due to the presence of dislocations in CdTe:Mo do not appear in the PL spectra. This induces a decrease in the resistivity of crystals. The results of the photodiffusion current measurements confirm the conclusion that the defect structure of CdTe:Mo crystals and their optical quality change.

Our findings indicate a high optical quality of the investigated crystals. Thus, they provide a way to improve structural properties of CdTe crystals using doping with Mo atoms.

ОПТИЧНІ ЯВИЩА В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНИХ ОПАЛІВ

А. Латишова, М. Дергачов

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
angelalatyshova@gmail.com*

Створення наноккомпозитів на основі синтетичних опалів (СО) має як практичний інтерес для вирішення задачі мініатюризації обладнання для фотоніки, плазмоніки та нелінійної оптики, так і фундаментальний інтерес для оптики фотонних кристалів і фізики низькорозмірних систем [1, 2]. Робота присвячена створенню наноккомпозитів на основі СО і активних діелектриків KH_2PO_4 , $\text{Pb}_3(\text{P}_x\text{V}_{1-x}\text{O}_4)_2$ ($x = 0.5$) та дослідженню спектрів їх пропускання (відбивання) та раманівського розсіювання.

Наноккомпозити отримані методами просочення в розчині та розплаві з подальшою кристалізацією введених діелектриків у порах опалової матриці. Спектральні дослідження проведені за допомогою лазерного спектрометра на основі подвійного монохроматора ДФС-12 із системою реєстрації в режимі лічби фотонів. За зміщенням брегівського дифракційного максимуму поведено оцінку степені заповнення пор. Спектри раманівського розсіювання за кімнатної температури засвідчують формування кристалічної фази введених речовин та незмінність стехіометрії складу. Виявлено перерозподіл спектральної інтенсивності та уширення певних смуг порівняно із раманівськими спектрами монокристалів відповідних речовин. Спостережувані відмінності проаналізовано з урахуванням можливого прояву поверхневих коливальних мод.

- [1] Lytle, J.C., and Stein, A, Recent Progress in Syntheses and Applications of Inverse Opals and Related Macroporous Materials Prepared by Colloidal Crystal Templating, in Annual Review of Nano Research, vol. 1, G. Cao and C. J. Brinker, Eds., 2006, pp. 1-79.
- [2] Armstrong, Eileen, and Colm O'Dwyer. Artificial Opal Photonic Crystals and Inverse Opal Structures-Fundamentals and Applications from Optics to Energy Storage. Journal of Materials Chemistry C, 2015. <https://doi.org/10.1039/c5tc01083g>.

OPTICAL PHENOMENA IN OPAL-BASED NANOCOMPOSITES

A. Latyshova, M. Derhachov

*Oles Honchar Dnipro National University
angelalatyshova@gmail.com*

Fabrication of opal-based nanocomposites has both practical interest for minimizing sizes of devices for photonics, plasmonics and nonlinear optics, and fundamental interest for optics of photonic crystals and physics of low-dimensional system. The work is devoted to fabricating opal- KH_2PO_4 , opal- $\text{Pb}_3(\text{P}_x\text{V}_{1-x}\text{O}_4)_2$ ($x = 0.5$) nanocomposites with exploiting the solution- and melt-based methods, and to investigating their transmission (reflection) and Raman spectra with using the DFS-12 double monochromator laser spectrometer. Crystalline state of the embedded compounds and their stoichiometry are proved by Raman spectra. Observed broadening of some Raman bands are discussed with considering a role of surface vibrational modes.

GROWTH AND ELECTRICAL STUDIES OF (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I SOLID ELECTROLYTES

A. Pogodin, O. Yamkovy, V. Studenyak, M. Filep, O. Kokhan, I. Studenyak

*Uzhhorod National University
artempogodin88@gmail.com*

Cu₇GeSe₅I and Ag₇GeSe₅I crystals belong to the superionic compounds with argyrodite structure [1, 2]. Representatives of the argyrodite family are widely investigated for applications as solid state batteries, supercapacitors and electrochemical sensors [2, 3].

Cu₇GeSe₅I and Ag₇GeSe₅I crystals were obtained by directed crystallization from the melt while mixed (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I ($x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) crystals on their base were obtained by zone crystallization from the melt using a modified method. As a starting material for the growth of mixed (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I crystals we used previously synthesized Cu₇GeSe₅I and Ag₇GeSe₅I. Growth of (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I mixed crystals includes forming a monocrystalline nucleating seed by accumulative recrystallization in the lower conical part of the growth container (48 hours). The crystallization front rate was 0.4 mm/h. After moving the ampoule with the crystal into the annealing region, it is annealed for homogenizing for 3 days, which is required to remove thermal stresses in the crystals. Thus, (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I mixed crystals with $x=0, 0.25, 0.5, 0.75$ and 1 of 20–40 mm in length and 10–15 mm in diameter were obtained.

The electrical conductivity of (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I mixed crystals was investigated by impedance spectroscopy in the frequency range of 20 Hz – 2×10^6 Hz and temperature interval 292–378 K, using a high-precision Keysight E4980A LCR meter. Temperature and frequency dependences of the electrical conductivity were analyzed. For the detailed studies of the frequency behavior of the electrical conductivity and its separation into ionic and electronic components, a standard approach using electrode equivalent circuits and their analysis with Nyquist plots was used. The electric conductivity of the mixed (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I crystals follows the Arrhenius law. The compositional dependence of the ionic conductivity is nonlinear with a maximum, whereas the electronic conductivity for the mixed (Cu_{1-x}Ag_x)₇GeSe₅I crystals nonlinearly decreases without any anomalies with silver content increase. Simultaneously, the nonlinear compositional dependence of the activation energy of the ionic conductivity reveals a maximum for the (Cu_{0.25}Ag_{0.75})₇GeSe₅I crystal and the activation energy of the electronic conductivity nonlinearly grows with silver content increase. It should be noted that at the transition from the Cu₇GeSe₅I crystal where the electronic conductivity is 39 times greater than the ionic one, to Ag₇GeSe₅I, the ratio $\sigma_{\text{ion}}/\sigma_{\text{el}}$ tends to increase and in Ag₇GeSe₅I crystal the ionic conductivity is 4.5 times greater than the electronic one.

- [1] Kuhs W.F., Nitsche R., Scheunemann K. The argyrodites – a new family of the tetrahedrally close-packed structures. *Mat. Res. Bull.* Vol. 14. (1979). P. 241-248.
- [2] Nilges T., Pfitzner A. A structural differentiation of quaternary copper argyrodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. *Z. Kristallogr.* Vol. 220. (2005). P. 281-294.
- [3] Studenyak I.P., Kranjčec M., Kurik M.V. Urbach rule and disordering processes in Cu₆P(S_{1-x}Se_x)₅Br_{1-y}I_y superionic conductors. *J. Phys. Chem. Solids.* Vol. 67. (2006). P. 807-817.

**РЕЛАКСАЦІЯ ТЕМПЕРАТУР І ШВИДКОСТЕЙ
КОМПОНЕНТ ПЛАЗМИ В МОДЕЛІ ЛОРЕНЦА****І. Кравчук¹, О. Соколовський¹, С. Соколовський², О. Грінішин¹**¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара²Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

kravchuk3571@gmail.com

Досліджуються релаксаційні процеси в повністю іонізованій плазмі в узагальненій моделі Лоренца. В цій моделі, побудованій на основі кінетичного рівняння Ландау, враховується тільки електрон-іонна взаємодія, а підсистема іонів вважається рівноважною з температурою T_0 . Розглядаються процеси в просторово-однорідній плазмі, які зводяться до релаксації температур і швидкостей компонент. Відповідні кінетичні рівняння мають вигляд [1,2]

$$\partial_t u_n = -\lambda_u u_n, \quad \partial_t T = -\lambda_T (T - T_0) + (2\lambda_u - \lambda_T) m u^2 / 3, \quad (1)$$

де u_n і T – швидкість і температура електронної компоненти (вважається, що підсистема іонів покоїться). Коефіцієнти релаксації λ_u , λ_T задовольняють рівняння на власні функції A_p, B_p і власні значення λ_u , λ_T

$$\mathbf{K} A_p = \lambda_T A_p, \quad \mathbf{K} B_p p_n = \lambda_u B_p p_n, \quad (2)$$

де $\mathbf{K}$ – оператор лінеаризованого інтеграла зіткнень системи

$$\mathbf{K} a_p \equiv - \left(\frac{\partial}{\partial p_l} - \frac{p_l}{m T_0} \right) D_{nl}(p) \frac{\partial a_p}{\partial p_l}, \quad D_{nl}(p) \equiv 2\pi e^4 z^2 L \int d^3 p' w_{ip'} S_{nl} \left(\frac{p}{m} - \frac{p'}{M} \right), \quad (3)$$

$$S_{nl}(u) \equiv (u^2 \delta_{nl} - u_n u_l) / u^3.$$

Тут m , M – маси електрона і іона, $-e$, ez – заряди електрона і іона, w_{ip} – розподіл Максвелла для іонів, L – кулонівський логарифм (a_p – довільна функція).

Рівняння (2) розв'язуються методом обірваного розвинення функцій A_p, B_p за ортогональними поліномами Соніна $S_n^\alpha(x)$, які ортогональні з вагою $x^\alpha e^{-x}$ на інтервалі $(0, +\infty)$ (α – дійсне додатне число). Такий підхід є варіант метода Галеркіна. Рівняння (2) є рівняння Фредгольма II роду. Збіжність такого підходу неможливо довести, тому розглядаються наближення одного та двох поліномів з метою їх порівняння. Задача зводиться до розрахунку білінійних форм (дужок) виду

$$\{a_p, b_p\} = \int d^3 p w_p D_{nl}(p) \frac{\partial a_p}{\partial p_n} \frac{\partial b_p}{\partial p_l}, \quad (4)$$

де w_{ip} – розподіл Максвелла для електронів (a_p, b_p – довільні функції). Таким шляхом приходимо до формул наближення одного полінома

$$\lambda_u^{[1]} = A_{00} / x_0, \quad \lambda_T^{[1]} = B_{11} / y_1 \quad (4)$$

і наближення двох поліномів

$$\begin{aligned} \lambda_u^{[2]} &= \left\{ (x_0 A_{11} + x_1 A_{00}) - [(x_0 A_{11} + x_1 A_{00})^2 - 4x_0 x_1 (A_{11} A_{00} - A_{01} A_{10})]^{1/2} \right\} / 2x_0 x_1, \\ \lambda_T^{[2]} &= \left\{ (y_1 B_{22} + y_2 B_{11}) - [(y_1 B_{22} + y_2 B_{11})^2 - 4y_1 y_2 (B_{11} B_{22} - B_{12} B_{21})]^{1/2} \right\} / 2y_1 y_2 \end{aligned} \quad (5)$$

(x_0, x_1, y_1, y_2 – деякі відомі коефіцієнти), в які входять матриці $A_{nn'}$, $B_{nn'}$, визначені формулами

$$A_{nn'} = \{p_l S_n^{3/2}(\varepsilon_p / T_0), p_l S_{n'}^{3/2}(\varepsilon_p / T_0)\}, \quad B_{nn'} = \{S_n^{1/2}(\varepsilon_p / T_0), S_{n'}^{1/2}(\varepsilon_p / T_0)\} \quad (6)$$

Подальший розгляд зводиться до розрахунку таких дужок:

$$\{p_n, p_l\}, \quad \{p_n, \varepsilon_p p_l\}, \quad \{\varepsilon_p p_n, \varepsilon_p p_l\}, \quad \{\varepsilon_p, \varepsilon_p\}, \quad \{\varepsilon_p, \varepsilon_p^2\}, \quad \{\varepsilon_p^2, \varepsilon_p^2\}. \quad (7)$$

Нами отримана загальна формула, яка значно спрощує розрахунки [2]

$$\{a_p, b_p\} = \frac{nn_0 m^{1/2} C}{(1 + \mu^2)^{1/2} T_0^{1/2}} \int d^3 q_c d^3 q w_{qc} w_q S_{nl}(q) \frac{\partial a_{p_l}}{\partial p_{1n}} \frac{\partial b_{p_l}}{\partial p_{1l}} \bigg|_{p_1 \rightarrow \frac{(mT_0)^{1/2}}{(1+\mu^2)^{1/2}} (\mu q_c + q)} \quad (8)$$

При цьому спочатку слід розрахувати інтеграл за $\vec{q}_c$, скориставшись тотожністю $S_{nl}(q)q_l = 0$ і непарністю деяких функцій, а потім – за $\vec{q}$. Отримані результати детально обговорюються.

- [1] Sokolovsky, S., Sokolovsky, A. Mobility of electrons in plasma. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Proceedings ISBN: 978-1-7281-3882-4 (Lviv, Ukraine, July 2 – 6). P. 783–787.
- [2] Sokolovsky, S.A., Sokolovsky A.S., Kravchuk, I.S., Grinishin, O.A. Relaxation processes in completely ionized plasma in generalized Lorentz model. Journal of Physics and Electronics. Vol. 26, No. 2 (2018). P. 17–28.

TEMPERATURE AND VELOCITY COMPONENT PLASMA RELAXATION IN LORENTZ MODEL

I. Kravchuk¹, O. Sokolovsky¹, S. Sokolovsky², O. Grinishin¹

¹Oles Honchar Dnipro National University

²Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture
kravchuk3571@gmail.com

Relaxation phenomena in spatially uniform completely ionized plasma are investigated in a generalized Lorentz model. The problem is reduced to solution of the spectral problem for the collision integral operator. The investigation is based on a method of truncated expansion of the eigenfunctions in the Sonine polynomials. The convergence of the method is analyzed by comparing the one- and two-polynomial approximations.

DARK MATTER SIGNALS DESCRIPTION IN THE SCATTERING PROCESSES IN THE GENERALIZED YUKAWA MODEL

M. Dmytriiev¹, V. Skalozub²

Oles Honchar Dnipro National University

¹dmytriiev_m@ffeks.dnulive.dp.ua, ²skalozubvv@gmail.com

According to present day results of the LHC experiment data analysis, there were no dark matter candidates found. The purpose of this work is to present a possible theoretical explanation why it could be so.

In our consideration, we propose a simple dark matter model of the heavy fermions described by the field Ψ . A visible matter is modeled by the pair of scalar fields – light ϕ and heavy χ . These fields interact with dark matter through Yukawa's couplings. Besides, there is the doublet of fermions fields ψ_1 and ψ_2 interacting with ϕ and χ with different couplings. The Yukawa model is chosen as the simplest one for the interaction carrier, which allows us to take into consideration the qualitatively important effect of the coupling constant values. At the same time, the transformation properties of visible fields are not accounted for as inessential.

We start from the Lagrangian:

$$L = \frac{1}{2} \left[(\partial_\nu \phi)^2 - \mu^2 \phi^2 \right] + \frac{1}{2} \left[(\partial_\nu \chi)^2 - \Lambda^2 \chi^2 \right] + \\ + \sum_{a=1,2} \bar{\psi}_a \left(i \gamma^\nu \partial_\nu - g_\phi \phi - g_\chi \chi - m \right) \psi_a + \bar{\Psi} \left(i \gamma^\nu \partial_\nu - M \right) \Psi - \\ - \lambda \phi^4 + \rho \phi^2 \chi^2 - \xi \chi^4 - G_\chi \bar{\Psi} \chi \Psi \quad (1)$$

As we see, fermions interact with each other via the interchange of scalar particles. - it can be considered as the effective four-fermions vertexes. Probability of certain scenario of interaction – through ϕ or χ field – depends on the mixing angle between these two fields. Moreover, the polarization tensor of χ contains also the contribution of the Ψ fermion loop. Hence, the differential cross-section σ of the four-fermions interaction depends on the mass of the dark matter particle and the mixing angle between scalar fields. We set this angle to be equalled 10^{-3} - 10^{-4} , while the mass of Ψ is much bigger than the mass of ψ_1 or ψ_2 . Because of this, a cross-section width becomes significant, so that such a signal can be missed in the data analysis on the LHC as a noise. This is probably because the narrow width approximation is applied in processing of data treating applied by Collaborations.

Taking into account the facts listed above, the differential cross-section of the four-fermion interaction is obtained and its spatial angular dependence is investigated. The renormalisations of the couplings and masses are fulfilled. We investigate how the σ changes dependently on the Ψ field mass and the mixing angle of scalar fields. Process $\bar{\psi}_1 \psi_1 \rightarrow \bar{\psi}_2 \psi_2$ is considered.

[1] A. Gulov, A. Kozhushko, V. Skalozub. Global search for the Z' boson in scattering processes - Дніпро: ЛІРА, 2018. - 124 с.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЮ КРИСТАЛІВ ZnS

Д. Пічковський, М. Буланий, О. Морозов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
danil.pichkovskiy@gmail.com

При освітленні люмінофорів і одночасній дії на них електричного поля, яскравість світіння зазвичай не дорівнює сумі яскравостей. Явища, суміжні з електролюмінесценцією (ЕЛ), цікаві з точки зору розширення відомостей про умови дії поля в кристалах, оскільки вони проявляються як при великій напрузі, при якій вже спостерігається ЕЛ, так і при малій напрузі, недостатній для збудження ЕЛ.

У даній роботі досліджувалися кристали ZnS, вирощені з розплаву по методу Бриджмена під тиском інертного газу. Для досліджень зразки вирізувалися у вигляді прямокутних паралелепіпедів розміром 3х3х1 мм. Реєстрація спектрів ЕЛ проводилася за допомогою монохроматора МДР - 12 і охолоджуваного фотоелектронного помножувача ФЕП - 136 працюючого в режимі рахунку одноелектронних імпульсів. Ультразвукові (УЗ) коливання збуджувалися в п'єзоперетворювачі з цирконат титанату свинцю, потім передавалися на алюмінієвий концентратор, до якого приклеювався зразок.

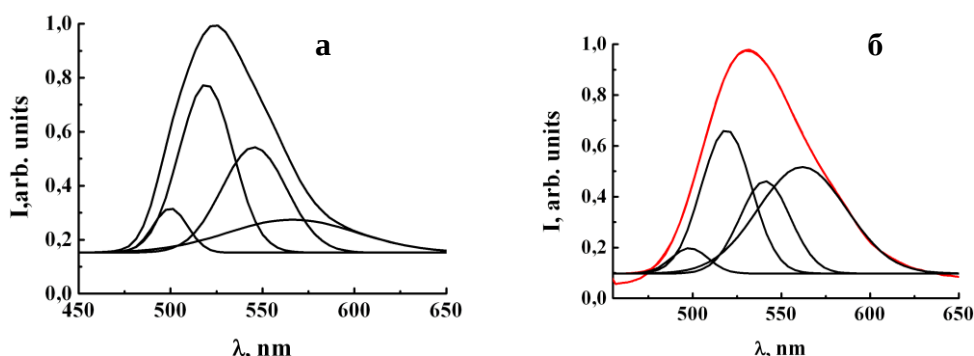


Рис. 1. Спектри: ФЛ (а), ФЛ + ЕЛ (б) кристалів ZnS

Спектри ФЛ в кристалах ZnS показані на рис. 1, а. Спектр розташований в зеленій області спектру з максимумом на довжині хвилі $\lambda = 523$ нм і обумовлений різними центрами. В результаті дії електричного поля спектри ФЛ досліджуваних зразків змінюються (рис 1, б). В результаті дії ультразвуку на досліджувані зразки збільшується яскравість ФЛ. Зіставлення цих фактів дозволяє відноситися до них як процесів, пов'язаних з переміщенням дислокацій деформації кристалів.

THE EFFECT OF THE ELECTRICAL FIELD ON LUMINESCENCE ZnS CRYSTALS

D. Pichkovskiy, M. Bulanyi, O. Morozov

Oles Honchar Dnipro National University
e-mail: danil.pichkovskiy@gmail.com

As a result of the action of ultrasound on the test samples increases - the brightness of the PL. Comparison of these facts allows us to treat them as processes related to the displacement of crystal deformation dislocations.

РОЗРАХУНОК ЕМІСІЙНИХ СПЕКТРІВ КВАНТОВИХ ТОЧОК В НАПІВПРОВІДНИКАХ $A_3^{II}B_2^V$

Д. Степанчиков

Херсонський національний технічний університет
dmitro_step75@ukr.net

В останні роки нанокристалічні квантові точки (КТ) викликають значну увагу в області фотоники, оскільки вони дозволяють отримувати вузькі емісійні спектри з можливістю їх корекції, з широкими спектрами поглинання, значним квантовим виходом та відносно високою світлостійкістю.

Арсенід кадмію Cd_3As_2 – вузькозонний $A_3^{II}B_2^V$ напівпровідник ($E_g \sim 0,19$ eV) з екситонним радіусом ~ 47 нм та інвертованою зонною структурою. Тому очікується, що цей матеріал покаже екстремальне квантове обмеження, подібне до PbSe. Мала ширина забороненої зони разом з великим радіусом екситона дозволяє синтезувати КТ, які будуть давати емісійні смуги у широкому діапазоні спектра від 0.6 eV до 2.3 eV (~ 530 - 2000 нм) [1]. Для стабілізації КТ на основі Cd_3As_2 доцільно використовувати зовнішню оболонку з іншого $A_3^{II}B_2^V$ напівпровідника – фосфіду кадмію Cd_3P_2 , оскільки він має подібну кристалічну структуру і більшу ширину забороненої зони ($E_g \sim 0.5$ eV).

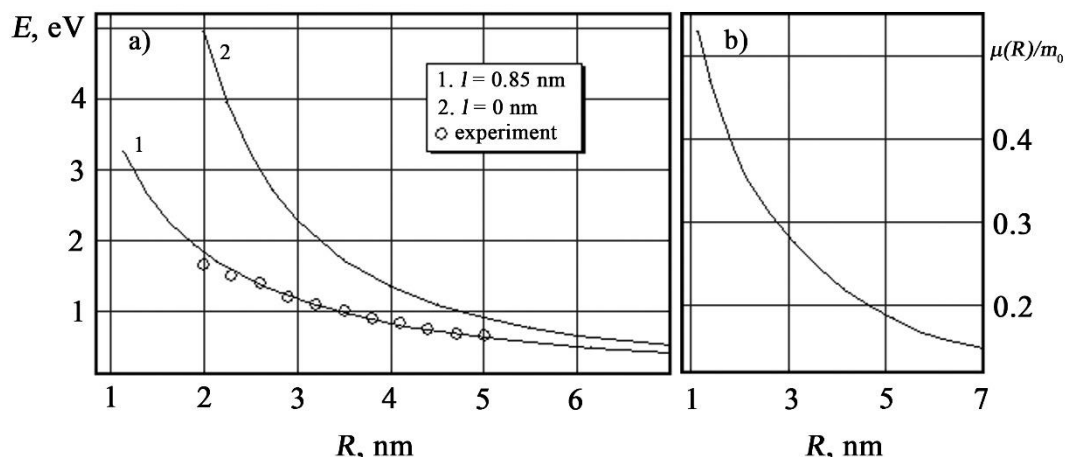


Рис.1. Енергія утворення екситону (а) та приведена ефективна маса екситону (б) при різних розмірах КТ Cd_3As_2 .

В роботі запропоновано модель сферичної КТ, яка об'єднує у собі варіаційний метод з ефективною масою $\mu(R)$ у якості варіаційного параметру і припущення про існування зовнішнього шару завтовшки l , який оточує нанокристалічний кор радіуса R і у якому може рухатися екситон. Така модель значно краще описує експериментальні результати [2]. Приклад розрахунку для КТ Cd_3As_2 наведено на рис.1. Порівняння енергії утворення екситона з експериментальними даними по спектрах поглинання і люмінесценції показує, що неврахування зовнішнього шару дає завищені результати (рис.1(а)).

Підтвердженням запропонованої теоретичної моделі КТ також є добре узгодження теоретичних спектрів люмінесценції з експериментом (рис.2(а,б)). Згідно з експериментальними даними піки люмінесценції зміщуються від 1,65 eV до 0,65 eV при зміні розміру КТ Cd_3As_2 від 2 нм до 5 нм [1].

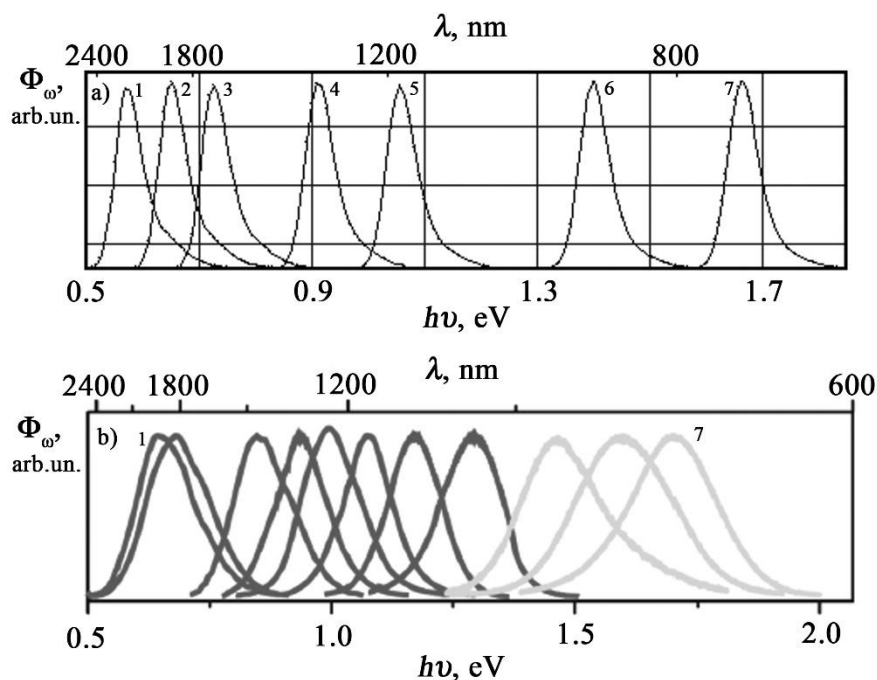


Рис.2. Теоретичний (а) та експериментальний (б) спектри люмінесценції при різних розмірах КТ Cd_3As_2 . Цифрами позначено різні розміри КТ: 1 – 5 нм, 2 – 4,5 нм, 3 – 4 нм, 4 – 3,5 нм, 5 – 3 нм, 6 – 2,5 нм, 7 – 2 нм.

- [1] Harris D., Allen P., Han H.-S., Walker B., Lee J., Bawendi M. Synthesis of cadmium arsenide quantum dots luminescent in the infrared. *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 133 (2011). P.4676-4679.
- [2] Stepanchikov D. Exciton states in tetragonal $\text{A}_3\text{B}_2\text{V}$ semiconductor quantum dots. *Visnyk of KNTU.* Vol.1, №56. (2016). P.11-17.

CALCULATION OF QUANTUM DOTS EMISSION SPECTRA IN $\text{A}_3\text{B}_2\text{V}$ SEMICONDUCTORS

D. Stepanchikov

*Kherson National Technical University
dmitro_step75@ukr.net*

In this work the new model which is used to describe energetic spectrum of an exciton in II-V tetragonal semiconductor quantum dots is offered. A theoretical approach, based on the effective mass approximation is used. A semiconductor nanoparticle consists of a nanocrystal core (semiconductor) of radius R , capped with an external layer of thickness l covalently bound to crystalline surface during the synthesis process. The new model assumes that the exciton, generated in a semiconductor nanocrystal, can penetrate the medium outside the crystal boundary. In the framework of the quantum dot model taking into account the fact that the effective exciton mass $\mu = \mu(R)$ is a function of quantum dot radius R . Exciton formation energy and luminescence spectrums in the region of fundamental band edge of $\text{Cd}_3\text{As}_2(\text{Cd}_3\text{P}_2)$ core shell quantum dots are theoretically calculated. The results are discussed and compared with those of experiments.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ ВІД РІЗНИХ ТОЧОК ПОВЕРХНІ ФОТОННИХ КРИСТАЛІВ

О. Панкратов, А. Євчик

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
liquidfireman@gmail.com*

Фотонні кристали — представляють собою структури, які характеризуються періодичною зміною діелектричної проникності в просторі. Оптичні властивості фотонних кристалів сильно відрізняються від оптичних властивостей суцільних середовищ. Поширення випромінювання всередині фотонного кристала завдяки періодичності середовища стає схожим на рух електрона всередині звичайного кристала під дією періодичного потенціалу. В результаті електромагнітні хвилі в фотонних кристалах мають зонний спектр і координатну залежність, аналогічну квазіімпульсу електронів в звичайних кристалах [1-2].

З робіт [2-3] відомо, що фотоннокристалічне середовище (періодичне діелектричне середовище з періодом близьким до довжини хвилі світла) може впливати на характеристики спектрів люмінесценції.

Мета данної роботи дослідити вплив розупорядкування структури фотонного кристала на характеристики спектрів люмінесценції

Регулярна система пір фотонного кристала була заповнена лазерним барвником родамін 6G(R6G). Досліджуваний зразок розміщувався у спеціальному відсіку перед вхідною щілиною спектрометра, а роль джерела збуджуючого випромінювання виконував твердотільний лазер з діодною накачкою із $\lambda_{\text{max}} = 532$ нм. Для вимірювання спектра обиралася точка на фотонному кристалі, діапазон довжини хвиль становить від 535 нм до 620 нм.

У якості кількісного параметру, який виражає ступінь упорядкованості зразка було введено коефіцієнт упорядкованості, що виражається як відношення іризуючого об'єму зразка до загального об'єму зразка. З метою коректної оцінки величини іризованої та загальної площ, фотографії поверхонь зразків піддавалися програмній обробці у графічному редакторі. Фотографія знебарвлювалась іа підбирався контраст таким чином, щоб кількість світлих ділянок співпадала з кількістю іризуючих ділянок виділеної області зразка.

Таблиця 1 – Значення величини коефіцієнтів упорядкованості та інтегральної інтенсивності спектрів люмінісценції.

№	η	$I_{\text{интегр.}}$
1	0,65	744
2	0,68	1526
3	0,71	1613
4	0,76	1744
5	0,81	1795

Як результат (рис. 1), було встановлено закономірність величини інтегральної інтенсивності спектрів люмінесценції від коефіцієнту впорядкованості структури в різних точках зразка.

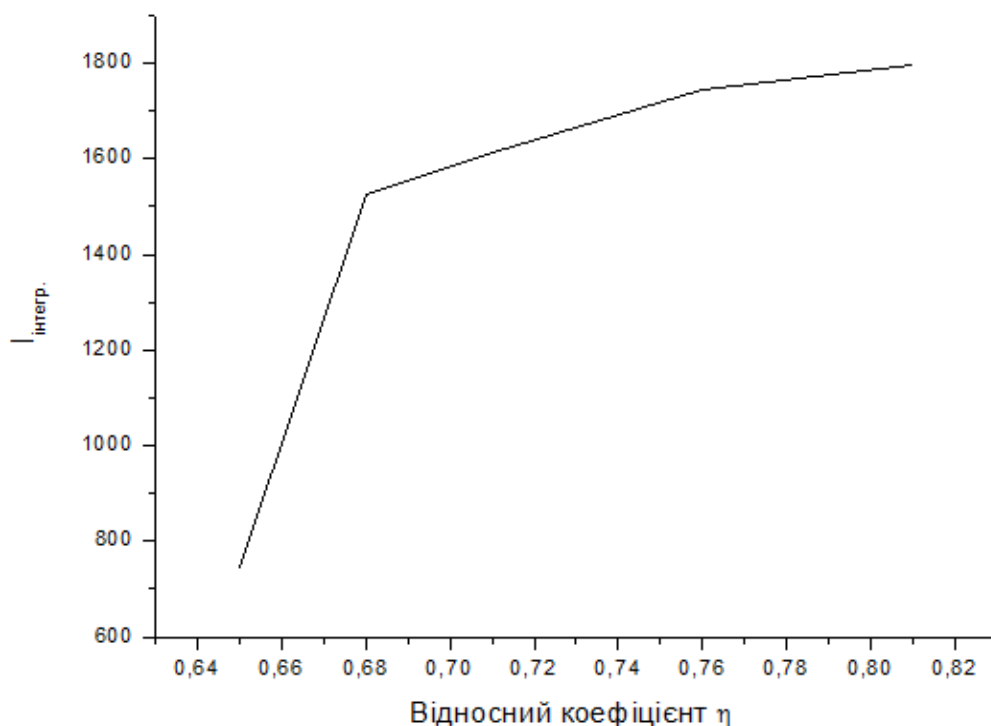


Рисунок 1 — Графік залежності відносного коефіцієнта ступеня упорядкованості структури від інтегральної інтенсивності.

- [1] Sakoda K. Optical properties of photonic crystals [Text] / K. Sakoda – Springer Verlag, 2005. – 223p.
- [2] E.Yablonovich. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics[Text] // Phys. Rev. Lett., 58 (1987) 2059.
- [3] Быков В. П. Спонтанное излучение в периодической структуре [Текст] / В.П.Быков // ЖЭТФ. – 1972. – Т.62, вып.2 – С. 505–513.

LUMINESCENCE SPECTRUM RESEARCH FROM DIFFERENT POINTS OF THE SURFACES OF PHOTONIC CRYSTALS

A. Pankratov, A. Yevchik

*Oles Honchar Dnieper National University
liquidfireman@gmail.com*

Luminescence spectra at different points on the surface of photonic crystals are considered. To enhance the luminescent properties of the sample, the regular photonic crystal pore system was filled with rhodamine 6G (R6G) laser dye. The point on the photonic crystal was chosen to measure the spectrum, the wavelength range being from 535 nm to 620 nm. As a result, the values of the ordering coefficients and the integrated intensity of the luminescence spectra were obtained. Also, the law of the magnitude of the integral and intensity spectra of the luminescence spectrum of the order of the structure at different points of the image was established.

COMPUTATIONAL STUDY OF NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF BENZOXAZOLES EXHIBITING EXCITED STATE PROTON TRANSFER

Y. Syetov

Oles Honchar Dnipro National University,
setov2003@yahoo.com

Organic substances are considered as possible nonlinear optical materials due to large values of their nonlinear susceptibilities caused by weak coupling of π electrons with nuclei in the molecules. 2-(2'-hydroxyphenyl)benzoxazole (HBO), 2,5-bis(2-benzoxazolyl)phenol (DBP) and 2,5-bis(2-benzoxazolyl)hydroquinone (BBHQ) (Fig. 1) are organic compounds with single and double hydrogen bonds undergoing photoinduced excited state intramolecular proton transfer (ESIPT). The enol structures with OH...N hydrogen bonds shown in Fig. 1 have the lowest energy in the ground state. The ESIPT converts enol structure of the molecules with OH...N hydrogen bonds into keto structure with O...HN hydrogen bonds and causes appearance of fluorescence with an anomalously large Stokes shift.

Hyperpolarizability tensors β_{ijk} and two-photon absorption cross sections of transitions in molecules of HBO, DBP and BBHQ were evaluated by the quadratic response DFT method using the B3LYP functional and 6-31G(d,p) basis set. Structures of the molecules are obtained in the ground state by optimization toward the energy minimum. All calculations were performed with the DALTON program package.

The molecules of HBO and DBP possess dipole moments of 2.13 and 1.67 D correspondingly. The value for structure d of DBP is 3.18 D. The directions of the dipole moment are not parallel to the long axes of the molecules; the angles are 52° (HBO), 23° (DBP, structure c) and 61° (DBP, structure d). A molecule of BBHQ has zero dipole moment and components of the hyperpolarizability tensor due to its centrosymmetric structure.

Presence of the second benzoxazole fragment in the molecule of DBP substantially increases the value β_{xxx} (axis x corresponds to long principal axis of inertia) in relation to HBO, and β_{xxx} of DBP is more than 10 times larger than other components of the tensor. The less stable structure d demonstrates larger components β related to the short axes y than the structure b, whereas the values of the component β_{xxx} are close.

In contrast to the linear absorption where the transitions to the two lowest excited states are prominent, the two-photon absorption cross sections are significant for the transitions to higher states which are weak in one-photon absorption spectra. DBP and BBHQ demonstrate the maximum cross section of about ten times larger than that of HBO. The largest value of the cross section is calculated for 2,5-bis(2-benzoxazolyl)hydroquinone to be about 1500 units of Goeppert-Mayer for excitation at 600 nm.

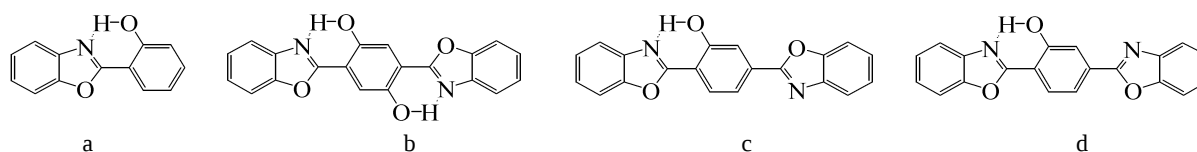


Fig. 1. Molecular structure of HBO (a), BBHQ (b) and two conformations of DBP (c,d).

ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ ВАРИСТОРНИХ КЕРАМІК В ЯКОСТІ НАПОВНЮВАЧА

О. Голубицький, В. Карпенко, В. Макаров, О. Ляшков

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mvo13@ukr.net

Полімерні композити широко використовуються для позисторних елементів і самовідновлювальних запобіжників завдяки позитивному температурному коефіцієнту опору (ТКО). В якості наповнювача застосовувалися порошки графіту, карбіду кремнію, монокристалічного кремнію і різних оксидів металів [1-2].

У даній роботі наведені результати синтезу і дослідження електричних властивостей композитів, що представляють собою систему частинок кераміки на основі оксиду вольфраму або оксиду цинку в поліетиленовій матриці. Початковими компонентами композиту були варисторна кераміка складу $\text{WO}_3\text{-Na}_2\text{O-MnO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, або $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-CoO-Sb}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2\text{-MnO-B}_2\text{O}_3$ та поліетилен низької щільності.

При виготовленні зразків застосовувались наступні технологічні операції: механічне подрібнення кераміки; просіювання порошку через сита з розмірами частинок не більше 40 мкм; змішування порошкоподібної кераміки з поліетиленом при температурі переходу останнього в в'язкотекучий стан; пресування шихти під тиском 100 МПа у вигляді дисків товщиною ~ 1 мм; прогрівання зразків з впресованими мідними електродами при температурі плавлення кристалитів поліетилену ($\sim 130^\circ\text{C}$ [3]) і тиску 0,1 МПа протягом 30 хвилин.

На рис. 1 представлені вольт-амперні характеристики (ВАХ) композитів поліетилен-варисторна кераміка і самих варисторів. Вольт-амперні характеристики зразків композиту (рис. 1 криві 2, 4), також як і самої кераміки (рис. 1 криві 1, 3), нелінійні і мають більш високу класифікаційну напругу, ніж початкові варистори. Коефіцієнт нелінійності ВАХ композитів дещо менший ніж у відповідних варисторів. Це можна пояснити частковим руйнуванням бар'єрного шару в наслідок механічного дроблення і наступної термообробки.

Перевагою композитів є позитивний ТКО, що запобігає пробою і деградації таких елементів захисту. Зростання температури призводить до розширення поліетилену, який має коефіцієнт лінійного розширення, що значно перевищує аналогічний параметр для оксидів цинку і вольфраму. При цьому збільшується середня відстань між окремими частинками варисторної кераміки, це призведе до розриву частини каналів протікання електричного струму. Тому спостерігалось збільшення опору з ростом температури. Значення ТКО (α) розраховувалося в інтервалі температур $30\text{-}80^\circ\text{C}$ в припущенні лінійного характеру його зміни при низькій напруженості електричного поля і дорівнювало $\alpha = 0,22^\circ\text{C}^{-1}$ для композиту з вольфрам-оксидною керамікою та $\alpha = 0,07^\circ\text{C}^{-1}$ для композиту з оксидно-цинковою керамікою. З ростом напруженості електричного поля значення ТКО зростало.

Наведені результати дозволяють зробити висновок про перспективність полімерних композитів на основі варисторних керамік для розробки позисторів з високим ТКО.

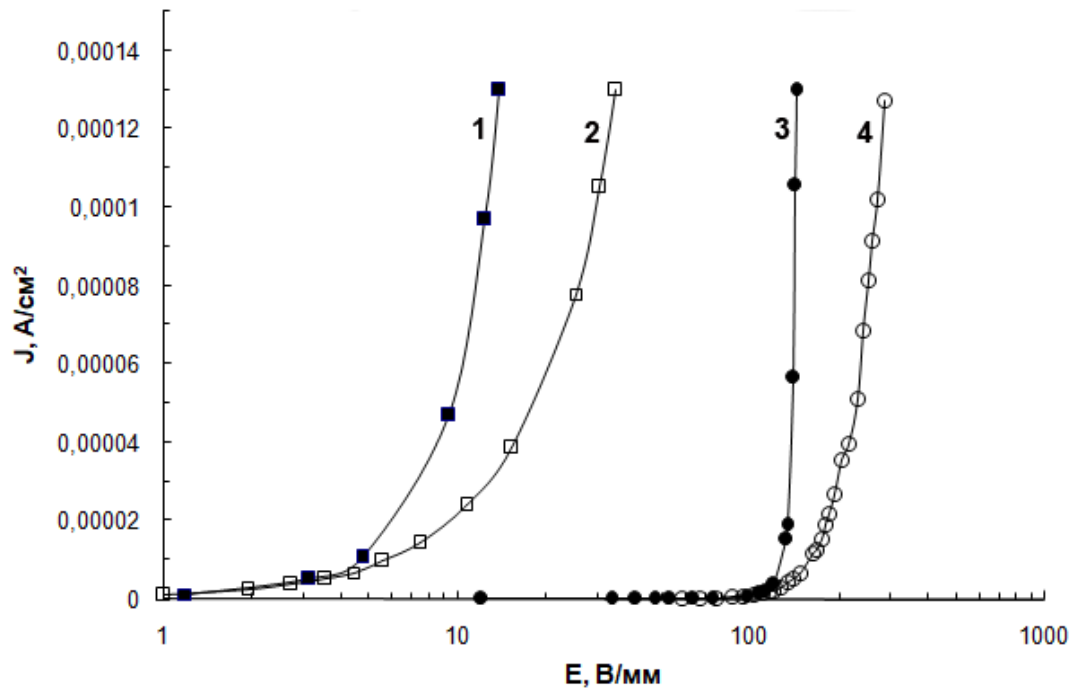


Рис. 1. Залежність густини струму від напруженості електричного поля варисторів на основі WO_3 (1) та ZnO (CH-2-26) (3) і композитів поліетилен-варисторна кераміка WO_3 (2) та поліетилен-варисторна кераміка ZnO (4).

- [1] Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов. Москва: МГУ. (2010). 99 с.
- [2] Lyashkov A.Yu., Tonkoshkur A.S. Varistor composites with a positive temperature coefficient of resistance. Technical Physics, Vol. 56(3), (2011). p. 427-428.
- [3] Поляков А.В., Дунтов Ф.И., Софиев А.Э. Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза. Ленинград: Химия. (1988). 200 с.

POLYMER COMPOSITES WITH VARISTOR CERAMICS AS A FILLER

O. Holubytskyi, V. Karpenko, V. Makarov, A. Lyashkov

Oles Honchar Dnipro National University

mvo13@ukr.net

The results of the synthesis and investigation of the electric properties of polymeric varistor composites were presented. Such composites consisted of the nonlinear zinc oxide or tungsten oxide ceramics particles introduced into the polyethylene matrix.

The current-voltage characteristics of the varistor composites are non-linear and have a higher threshold voltage than initial oxide varistors. The coefficient of non-linearity of the I-V characteristics of composites is slightly lower than for the varistors. The temperature coefficient of resistance at 30-80 was $\alpha = 0,22^\circ\text{C}^{-1}$ for the tungsten-oxide ceramics composite and $\alpha = 0,07^\circ\text{C}^{-1}$ for the zinc-oxide ceramics composite.

СПЕКТРИ ВІДБИТТЯ ОДНОМІРНОЇ БРЕГІВСЬКОЇ СТРУКТУРИ З УРАХУВАННЯМ ДИСПЕРСІЇ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ТА НЕРІВНОМІРНОСТІ ТОВЩИНИ ШАРІВ

Р. Кисіль, А. Євчик

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kiselroman280@gmail.com*

Брегівська дифракція – явище сильного розсіювання хвиль на періодичній решітці розсіювачів при певних кутах падіння і довжинах хвиль. Падаюча хвиля послідовно відбивається від кожного шару періодичної структури; всі відбиті промені когерентні і йдуть в одному напрямку, що дозволяє їм інтерферувати.

Мета цієї роботи дослідити спектри відбиття на основі одновимірної моделі брегівської структури з урахуванням дисперсії показника заломлення та нерівномірності розмірів шару.

Досліджено зміну характеру спектрів відбиття зі збільшенням впливу дисперсії показника заломлення. Для цієї частини дослідження збільшувався вплив дисперсії показника заломлення шляхом зміни ваги відповідного коефіцієнта заломлення, що характеризується залежністю від частоти. Досліджено вплив нерівномірності товщини шарів структури на спектр відбиття. Для цього в моделі брегівської структури до періоду додавалися випадкові значення в межах певної величини розпорошення шару. Було виявлено зміну характеру спектрів відбиття зі збільшенням впливу величини неоднорідності. Спостережувана широка смуга в діапазоні від 280 нм до 330 нм зі збільшенням величини випадкового параметру стає більш вираженою та становить більш різкий характер.

Зі збільшенням впливу дисперсії показника заломлення, поступово порушується структура смуг в області 300 нм. Розподіл смуг в цій області носить все більше випадковий характер. Не дивлячись на випадковий характер можна провести середню лінію, яка буде мати вигляд широкої смуги в діапазоні від 280 нм до 330 нм. Причому буде поступово переходити в смуги брегівської дифракції. Смуги, які слідують після цієї смуги поступово звужуються, а відстань між ними збільшується.

REFLECTION SPECTRA OF A ONE-DIMENSIONAL BRAGG STRUCTURE TAKING INTO ACCOUNT THE VARIANCE OF THE REFRACTIVE INDEX AND THE UNEVEN THICKNESS OF THE LAYERS

R. Kysil, A. Yevchik

*Oles Honchar Dnieper National University
kiselroman280@gmail.com*

This paper deals with study of the reflection spectra of the Bragg structure, taking into account the dispersion of the refractive index and the violation of structure regularity.

The results of the work can be used for further development of Bragg's model approximated to real conditions; results can be used to create devices based on Bragg structures.

**ДО МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРА
АНІЗОТРОПІЇ ТЕРМОЕРС n -Si, ПРУЖНО
ДЕФОРМОВАНОГО ВЗДОВЖ [110]****Г. Гайдар***Інститут ядерних досліджень НАН України
gaydar@kinr.kiev.ua*

Параметр анізотропії термоерс $M = \alpha_{\parallel}^{\phi} / \alpha_{\perp}^{\phi}$ характеризує відношення поздовжньої ($\alpha_{\parallel}^{\phi}$) до поперечної ($\alpha_{\perp}^{\phi}$) складових фононної частини термоерс для окремого ізоенергетичного еліпсоїда і є фундаментальним параметром теорії термоелектричних і термомагнітних явищ у багатодолинних напівпровідниках за наявності електрон-фононного захоплення.

У праці [1] описано метод визначення параметра M за результатами вимірювань тензоопору і тензотермоерс у разі деформації n -Si в напрямку [001] (тобто за умов $\vec{X} \parallel \vec{j}$, $\nabla T \parallel [001]$), де X – механічне напруження; $\vec{j}$ – щільність струму при вимірюванні питомого опору $\rho = \rho(X)$; ∇T – градієнт температури при вимірюванні тензотермоерс $\alpha = \alpha(X)$. Значення M , одержані відповідно до [1], у кристалах n -Si, вирощених у напрямку [001] методом Чохральського, можуть спотворюватися шаруватістю в розподілі залишкової домішки кисню (в напрямку осі росту). Тому важливо мати можливість визначати параметр M також у кристалографічному напрямку, відмінному від [001].

Розробці, обґрунтуванню та практичній апробації методики визначення $M = \alpha_{\parallel}^{\phi} / \alpha_{\perp}^{\phi}$ кристалів n -Si за вимірюваннями $\rho(X)$ і $\alpha(X)$ вздовж кристалографічного напрямку [110] присвячене дане дослідження.

На основі теорії анізотропного розсіювання можна подати компоненти тензора тензотермоерс $\hat{\alpha}^{\phi}$ для n -Si у такому вигляді [2]:

$$A_{ik}^{\phi} \equiv \frac{\alpha_{ik}^{\phi}(X)}{\alpha_0^{\phi}} = \left[\frac{(M-K)(2K+1)}{(1-K)(2K+M)} \delta_{ik} + \frac{3K(M-1)}{(K-1)(2K+M)} \frac{\rho_{ik}(X)}{\rho_0} \right], \quad (1)$$

де $\alpha_{ik}^{\phi}(X) / \alpha_0^{\phi}$ і $\rho_{ik}(X) / \rho_0$ – компоненти фононної частини тензотермоерс і тензоопору, віднесені до відповідних значень тих самих параметрів у недеформованому кристалі; $K = \mu_{\perp} / \mu_{\parallel}$ – параметр анізотропії рухливості; δ_{ik} – дельта-функція.

У разі сталої загальної концентрації носіїв заряду в c -зоні ($n_e = \text{const}$) граничне значення зміни опору n -Si, пов'язане з міжмінімумним перерозподілом носіїв в умовах $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [110]$ задається виразом

$$B \equiv \frac{\rho_{\infty}^{[110]}}{\rho_0} = \frac{2}{3} \left(\frac{2K+1}{K+1} \right), \quad (2)$$

де $\rho_{\infty}^{[110]} = \lim_{X \rightarrow \infty} \rho(X)$ відповідає області насичення $\rho = \rho(X)$. Розв'язавши (2) відносно параметра анізотропії рухливості K , знаходимо

$$K = (3B - 2)/(4 - 3B). \quad (3)$$

Підставивши (для конкретного напрямку $\vec{X} \parallel [110]$) вираз (2) в (1) і розв'язавши рівняння (1) відносно M , матимемо

$$M = K \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{K+1}{2K+1} \right) A_{\infty}^{\phi, [110]}} - 2 \right], \quad (4)$$

де $A_{\infty}^{\phi, [110]} = \lim_{X \rightarrow \infty} A_{ik}^{\phi}(X)$ і відповідає завершеним стадії міжмінімумного перерозподілу носіїв, зумовленого впливом одновісної пружної деформації.

Підставивши у вираз (4) значення K , знайдене з формули (3) за насиченням тензоопору, а також величину $A_{\infty}^{\phi, [110]}$, обчислену за насиченням тензотермоерс (при $\alpha_0 = 6200$ мкВ/град) для кристала n -Si $\langle P \rangle$ ($n_e = 6,55 \cdot 10^{14}$ см⁻³), вирощеного в напрямку [001], і умов проведених вимірювань ($\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [110]$, $T = 77$ К; $\vec{X} \parallel \nabla T \parallel [110]$, $T = 85$ К), одержимо значення параметра анізотропії $M = 5,7$, яке в межах похибки вимірювань узгоджується з відповідними даними праці [1]. Отриманий результат і обґрунтовує зроблену спробу вимірювання параметра M у кристалографічному напрямку [110], що не збігається у вихідному кристалі з віссю його вирощування.

- [1] Гайдар Г.П., Баранський П.І. Концентраційні залежності параметра анізотропії рухливості $K = \mu_{\perp}/\mu_{\parallel}$ і параметра анізотропії термоерс захоплення електронів фононами $M = \alpha_{\parallel}^{\phi}/\alpha_{\perp}^{\phi}$ в n -Ge та n -Si. Термоелектрика. № 5. (2014). С. 22–30.
- [2] Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В. Теория термоэлектрических и термомагнитных явлений в анизотропных полупроводниках. Киев: Наукова думка. (1987). 272 с.

ON THE TECHNIQUE OF DETERMINATION OF THE ANISOTROPY PARAMETER OF THERMO-EMF OF n -SI ELASTICALLY DEFORMED ALONG [110]

G. Gaidar

Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

In this paper the technique was proposed for determining the anisotropy parameter of thermo-emf of n -Si crystals grown by the Czochralski method in the [001] crystallographic direction and elastically deformed in the [110] direction. The measurements of tensor resistance and tenso-thermo-emf were performed under the conditions of $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [110]$, $T = 77$ K and $\vec{X} \parallel \nabla T \parallel [110]$, $T = 85$ K. The obtained value of the anisotropy parameter $M = 5.7$ agrees well with the similar value for n -Si crystals grown and deformed in the [001] direction.

The experimental substantiation of the proposed technique confirms the possibility of its application for determining the parameter M in the direction [110], which does not coincide in the original crystal with the axis of its growth.

ДОСЛІДЖЕННЯ СЛАБКОВІДБИВНИХ СТРУКТУР У МІКРОХВИЛЬОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Є. Трахтман

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gekan1997@mail.ua

Необхідність мінімізації радіолокаційної помітності при створенні сучасної військової техніки в даний час не викликає ніяких сумнівів – у всіх нових розробках в тій чи іншій мірі використовуються "Stealth"-технології. Постійне вдосконалення радіолокаційних засобів робить цю задачу все більш актуальною і складною. Оскільки можливості зниження радіолокаційної помітності обмежені, основним завданням розробників стає досягнення оптимальних характеристик помітності, що забезпечують скритність пересування, але не погіршують бойових якостей техніки.

Все різноманіття методів боротьби з відбиттям радіолокаційного сигналу можна розділити на дві групи: надання техніці спеціальної слабковідбивної форми та використання покриттів, що поглинають падаючу на їхню поверхню електромагнітну енергію.

В роботі розглянуто багат шарові структури із магнітодіелектриків. Завдання полягає у мінімізації модуля коефіцієнта відбиття (КВ) від даної структури в заданому частотному діапазоні, а також в мінімізації товщини такої структури.

Були змодельовані п'ятишарові діелектричні структури та розраховані частотні характеристики модуля КВ. Було взято відомі з роботи [1] параметри кожного шару для випадків оптимізації методом бджолиної колонії під сумарну товщину 4 мм.

Була застосована формула [2] для рекурсивного розрахунку КВ:

$$\dot{R}^{(N-1)}(\omega) = \frac{\dot{R}_{ij} + \dot{R}^{(N-l-1)} \exp(-\gamma_l 2d_1)}{1 + \dot{R}_{ij} \dot{R}^{(N-l-1)} \exp(-\gamma_l 2d_1)}, \quad (1)$$

де $\dot{R}$ – КВ від структури з N шарів; ω – частота; i, j – номери шарів; $\dot{R}_{ij}$ – КВ Френеля від межі розділу відповідних шарів; d – товщина шару; $\gamma_l = j \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_l}$, де c – швидкість світла; ϵ – діелектрична проникність шару; j – уявна одиниця. Була досліджена залежність середнього КВ від товщини першого шару d1 (рисунок 1).

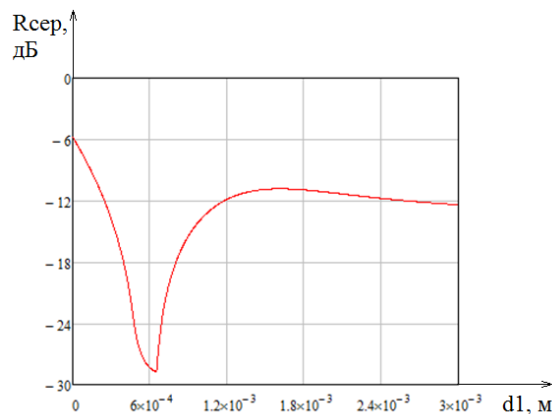


Рисунок 1 – Залежність середнього КВ від товщини першого шару d1

Після оптимізації товщин шарів було зменшено середній КВ з -27.23 дБ до -28.756, але сумарна товщина структури збільшилась з 3.663 мм до 3.774 мм. В результаті отримано такий графік частотної залежності КВ (рисунк 2).

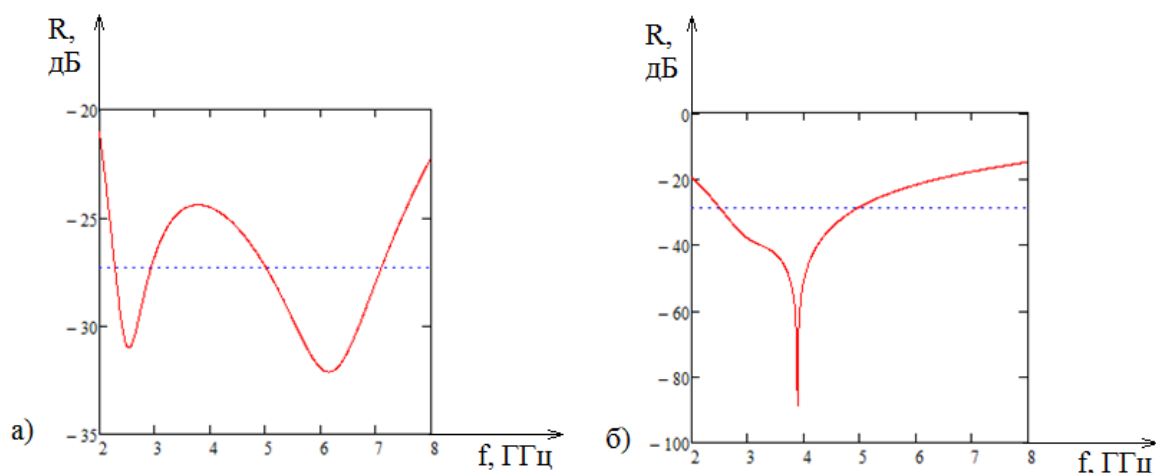


Рисунок 2 – Частотна залежність КВ для п'ятишарової структури до (а) і після (б) зміни товщин шарів. Пунктирною лінією позначено середнє значення КВ на проміжку від 2 до 8 ГГц

Вплив зміни товщини інших шарів був суттєво меншим і не дозволив отримати подальше зниження КВ.

- [1] Toktas A., Ustun D., Yigit E., Sabanci K., Tekbas M. Optimally Synthesizing Multilayer Radar Absorbing Material (RAM) Using Artificial Bee Colony Algorithm. 2018 XXIIIrd International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED). (Tbilisi, Georgia, 24-27 Sept. 2018). DOI: 10.1109/DIPED.2018.8543261
- [2] Борулько В.Ф., Дробахин О.О., Славин И.В. Многочастотные СВЧ неразрушающие методы измерения параметров слоистых диэлектриков. Днепропетровск: ДГУ. (1992). 120 с.

RESEARCH OF STRUCTURES WITH SMALL REFLECTIVITY IN THE MICROWAVE RANGE

Ye. Trakhtman

*Oles Honchar Dnipro National University,
gekan1997@mail.ua*

The problem of minimizing the reflection coefficient for a five-layer dielectric structure is considered in the paper. The dependence of the average reflection coefficient on the thickness of the first layer d_1 was investigated and other parameters of the structure were proposed.

As a result, the average reflection coefficient was reduced from -27.23 dB to -28.756 by increasing the overall thickness of the structure from 3.663 mm to 3.774 mm.

INDUCED EFFECTIVE VERTEXES IN QUARK-GLUON PLASMA

V. Skalozub

*Oles Honchar Dnipro National University
skalozubvv@gmail.com*

At the LHC experiments, quark-gluon plasma should be created. After the deconfinement phase transition the A_0 condensate (Polyakov's loop) forming out of the gluon G^3 and G^8 fields must be present. This background modifies the spectrum of colored particles and influences various processes.

Because of violation of the $Z(3)$ symmetry and the Furry theorem for color, in the plasma the new type phenomena have to be inspired. Among them the creation of induced color charges, $Q3_{\text{ind}}$, $Q8_{\text{ind}}$, and the generation of corresponding classical potentials $f3_{\text{cl}}$, $f8_{\text{cl}}$, where the indexes 3 and 8 refer to the directions in the internal group space. Also the generation of induced gluon-gluon-gluon and gluon-photon-photon vertexes have to be expected, which result, in particular, in gluon splitting in two photons, inelastic scattering of photons on the plasma. These are the distinguishable signals of the plasma formation.

In the present talk these effects are described in details.

- [1] V. Skalozub. Induced color charges, effective photon-photon-gluon vertex in QGP. Applications to heavy-ion collisions. Ukraine physics journal. Vol.64, No 8 (2019). P. 743-748.

THIN FERROELECTRIC FILMS ON DIELECTRIC SUBSTRATES WITH HIGH THERMAL CONDUCTIVITY

T. Kruzina, S. Popov, Yu. Potapovich, A. Rutskiy, S. Popov

*Oles Honchar Dnipro National University
spopov@meta.ua*

Achievements in the field of thin ferroelectric films technology have greatly expanded the range of practical applications of ferroelectrics in microelectronics, particularly in microwave devices. High values of dielectric constant, which can be influenced by application of small voltage, make ferroelectric films unique for use in microwave technology. Also, such films characteristics as low values of dielectric losses and the capacitance overlap coefficient make the materials more attractive.

Ferroelectric $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ (NBT) is a promising material to use in electronic devices. Obtaining of a lead-free thin NBT films is a purpose of many works that have been ongoing for more than 10 years [1]. At present, the best samples of the obtained thin NBT films show the dielectric constant of 600–800 and the residual polarization of $12 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. In most studies, silicon wafers are used as a substrate, due to the desire for compatibility with existing

semiconductor microelectronics technology. However, both polycor and sitall wafers have been successfully used in microwave technology for a long period of time. Such substrates have high values of bulk and surface resistivities, low values of dielectric losses, have high thermal conductivity, and what is very significant they have small values of linear expansion coefficients, which reduces influence of mechanical stresses on deposited films. In this work, the deposition of thin polycrystalline NBT films on sitall ST-32-1 substrates is investigated.

NBT films were obtained by ion-plasma (three-electrode and magnetron) high-frequency (RF=13.56 MHz) methods of sputtering of ceramic NBT target in an argon atmosphere (chamber pressure 1 mTorr). The target was prepared according to the technology described in [2]. At the first stage the raw materials (Bi_2O_3 , TiO_2 , and Na_2CO_3) were prepared according to stoichiometric ratio, mixed and milled in a ball mill within 12 hours. The mix was dried up at $T=200^\circ\text{C}$ for 24 hours and uniaxially pressed into a tablet with 10 MPa pressure within 1 hour. The tablet was annealed at 800°C during 15 hours in the air. At the second stage the NBT tablet was crushed and secondary milled in a ball mill. After drying the powder was pressed in a tablet of 40 mm in diameter and 3 mm in thickness with the pressure of 15 MPa within two hours. Secondary annealing was carried out at $T=1100^\circ\text{C}$ within two hours in the air. The phase composition of the target was controlled by X-ray phase analysis.

Sitall substrates were chemically and ionically cleaned in advance. A Pt layer was deposited on the clear substrate by DC magnetron sputtering. The crystallographic structure of the Pt layer would promote formation of a correct NBT films structure. The NBT film was deposited on the Pt covered substrate heated to 150°C , the temperature that was optimal given the film composition contained the volatile components. Subsequent synthesis of the films was carried out in an unsealed container with coarse crystalline NBT powder at a temperature of 700°C for 45 minutes in the air. The excessive vapor pressure of the volatile Na and Bi components compensated for the violation of the film stoichiometry during the synthesis. The phase composition of obtained films was controlled by X-ray phase analysis.

It was established that the structure and the phase composition of the NBT films were significantly influenced by the surface morphology of the platinum layer, which significantly depends on both the substrate temperature during the Pt deposition process and the thickness of the Pt layer. The Pt film deposited on sitall substrate has a polycrystalline structure without texture, regardless of the temperature of the substrate during the deposition process. We have found that an increase in the temperature of the substrate above 300°C upon deposition of Pt leads to a significant change in the morphology of the platinum surface upon subsequent annealing at $T=700^\circ\text{C}$. Due to the intensive growth of crystallites in the direction perpendicular to the film surface, the fine-grained structure turns into a rough, column-like structure. After the synthesis of NBT film deposited on a Pt surface with such a morphology, the process of generation and formation of the perovskite phase met difficulties. Often, after the upper electrode was deposited on the surface of the NBT film, the samples turned out to be shorted, since the thickness of the deposited NBT film appeared less than the roughness on the platinum surface. Attempts to increase the thickness of the Pt layer to more than 100 nm also led to an increase of the film roughness. The substrate temperature of 300°C with a thickness of 85 nm was the most optimal for obtaining fine-grained polycrystalline structure of the platinum layer on sitall substrates for deposition and synthesis of NBT films. X-ray diffraction (XRD) analysis showed that the Pt layer was free of any texture. During the thermal annealing the formation of several intermediate phases, including low temperature pyrochlore matrix $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, was observed before the perovskite phase appeared. The final phase transformation occurs through generation and growth of individual perovskite NBT phase islands in the pyrochlore matrix. XRD analysis of the films on the sitall substrates showed the presence of a perovskite

polycrystalline structure with reflexes $2\Theta=23^{\circ}15'$ (100), $2\Theta=33^{\circ}20'$ (110), $2\Theta=40^{\circ}25'$ (111). The reflex in the region $2\Theta=30^{\circ}$ can be attributed to the pyrochlore phase residues in the film material. Obtained films had the following ferroelectric parameters: $\epsilon=700$, $P_r=9 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, $E_c=48 \text{ kV}/\text{cm}$. The relatively low values of the obtained ferroelectric characteristics can be associated with the presence of leakage currents, which, when reaching values of $J=3 \cdot 10^{-9} \text{ A}/\text{cm}^2$, can introduce significant distortions in the values of measured parameters.

- [1] Zhou Z.H., Xue J.M., Li W.Z., Wang J. Ferroelectric and electrical behavior of $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ thin film. J Applied Physics Letters. V. 85. (2004). P. 804-806.
- [2] Kruzina T.V., Popov S.O., Potapovych Yu.M., Sidak V. M., Kyrylov A. M. Synthesis technology of the magnetron targets for deposition of $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ films. Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Seriâ Fizika, radioelektronika. V. 23. (2015). P. 122-125.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$

Д. Волинець, М. Трубіцин

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dmitryvol766@gmail.com*

На теперішній час синтезовано більше десятка сполук системи літійово-германієвих оксидів $\text{Li}_2\text{O}-\text{GeO}_2$. Один з представників сімейства - тетрагерманат літію $\text{Li}_2\text{Ge}_4\text{O}_9$, привертає увагу дослідників завдяки наявності сегнетоелектричного фазового переходу. Крім того, активно досліджуються електричні властивості кристалів літійово-германієвих оксидів, які виявляють високу іонну провідність по літію. Іонній провідності властива сильна анізотропія, що прямо корелює з характером структури і напрямками каналів, в яких розташовуються мобільні катіони Li.

В роботі досліджено електричні властивості літійово-натрієвого тетрагерманату $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$, в решітці якого іони Na заміщують іони Li в одній із нееквівалентних підрешіток структури $\text{Li}_2\text{Ge}_4\text{O}_9$. Досліджувані кристали було вирощено за методом Чохральського[1]. Зразки готувалися у вигляді пластинок з головними поверхнями вздовж кристалографічних площин (100), (010), (001). На головні поверхні зразків методом катодного розпилення наносилися платинові електроди. Вимірювання проведено у змінному полі мостовим методом з використанням установки на базі LCR вимірювача E4980A в лабораторії 106 Краківського педуніверситету. Частоту вимірювального поля змінювали в інтервалі від 20 Hz до 2MHz. Електропровідність та ємність зразків визначалися у процесі нагріву від кімнатної температури до 520 K.

Отримані результати для зразка (010) приведено на рис.1 і 2. Можна бачити, що діелектрична проникність ϵ при температурах трохи вище кімнатної практично не залежить від частоти вимірювального поля (рис.1). Частотна дисперсія стає помітною при температурах вище 420 K. При низьких частотах спостерігається нелінійне зростання ϵ при нагріві. Для частот $f > 20 \text{ kHz}$ це зростання практично зникає. Така поведінка $\epsilon(T)$ є звичайною для реальних систем і виникає як результат підвищення ємності зразка за рахунок внесків рухливих дефектів.

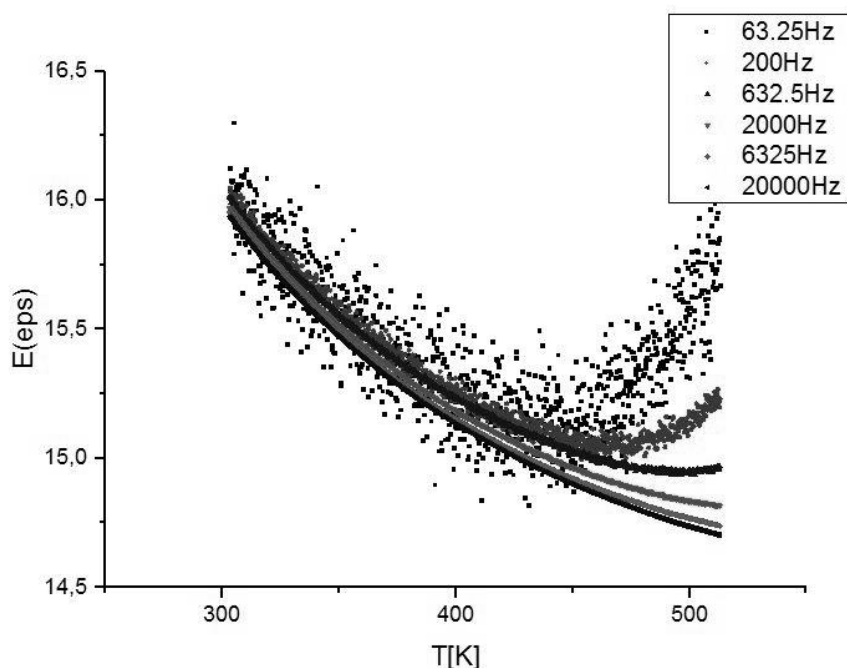


Рис. 1. Залежності діелектричної проникності $\epsilon(T)$, виміряні вздовж осі [010] при вказаних частотах змінного поля.

Температурні залежності електропровідності σ побудовані в координатах Арреніуса рис. 2. Видно, що при нагріванні зразка вище 450 K починається зростання питомої електропровідності за рахунок термічно активованих процесів переносу заряду. На основі даних роботи [1] основний внесок в σ може бути пов'язаний з рухом іонів літію вздовж структурних каналів.

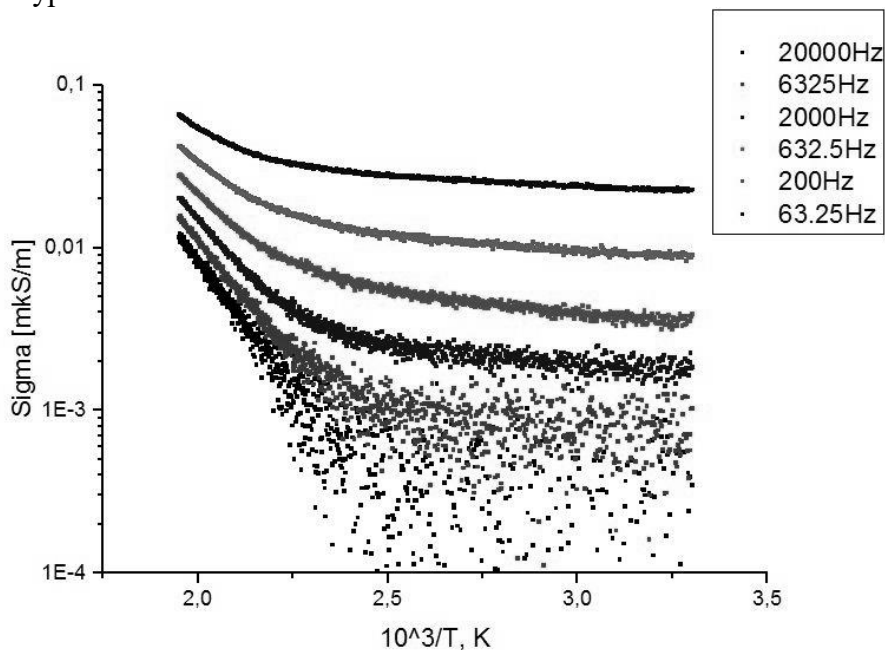


Рис. 2. Залежності питомої електропровідності $\sigma(T)$, виміряні вздовж осі [010] при вказаних частотах змінного поля.

- [1] Volnianskii M.D., Trubitsyn M.P., Bibikova O.A. Electric Properties of $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$ Single Crystal // *Ferroelectrics*.- 2013.- V.443.- P.16-19.

ELECTRIC PROPERTIES OF $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$ CRYSTALS

D. Volynets, M. Trubitsyn

Oles Honchar Dnipro National University

dmitryvol766@gmail.com

Electric properties of $\text{LiNaGe}_4\text{O}_9$ single crystal have been measured in AC field along crystallographic axes. On heating above 450 K contributions from mobile charged defects have been detected to permittivity and conductivity.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ БРЕГГІВСЬКОЇ СТРУКТУРИ З РІЗНОЮ ОРІЄНТАЦІЄЮ ШАРІВ

А. Тарасенко, А. Євчик

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

andretar4@gmail.com

Розроблено модель 1D бреггівської структури, яка розраховує спектр відбиття бреггівської структури з урахуванням різної орієнтації шарів. Результати роботи можуть бути використані для подальшої розробки наближеної до реальних умов моделі бреггівської структури; результати можуть бути застосовані для створення пристроїв на основі бреггівських структур.

На основі програми для математичного моделювання MATLAB було розраховано спектри відбиття та закон дисперсії для бреггівських структур з використанням методів матриць переходу та розкладання електромагнітного поля по плоским хвилям [1].

Схеми моделі бреггівської структури з урахуванням різної орієнтації шарів приведені на рис. 1.

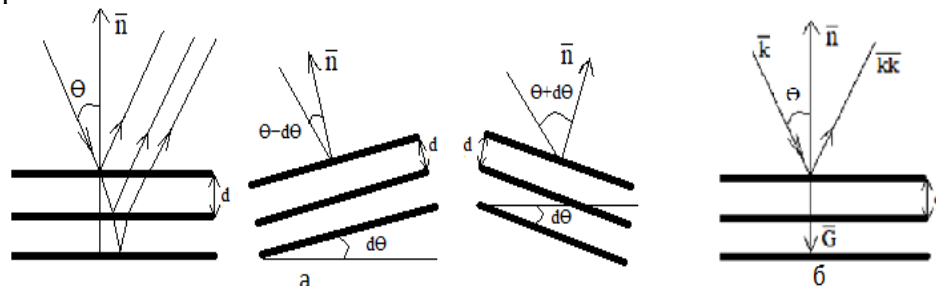


Рисунок 1 – Схематичне зображення моделей бреггівської структури. а – модель для матричного методу; б – модель для метода розкладання електромагнітного поля по плоским хвилям

Модель, яка досліджується, являє собою набір таких структур, для яких тета виступає як кут орієнтації в одну або іншу сторону. Цей кут носить випадковий характер, а тому при збільшенні його значення зростає і діапазон кутів орієнтації структури.

За допомогою моделі (рис.1) було отримано спектри відбиття і закон дисперсії для бреггівської структури з різною орієнтацією шарів.

На рис. 2,а наведена залежність напівширини спектральної лінії від кута орієнтації структури, на рис. 2,б – залежність коефіцієнта відбиття від кута, а на рис. 2,в залежність ширини забороненої зони від кута орієнтації структури.

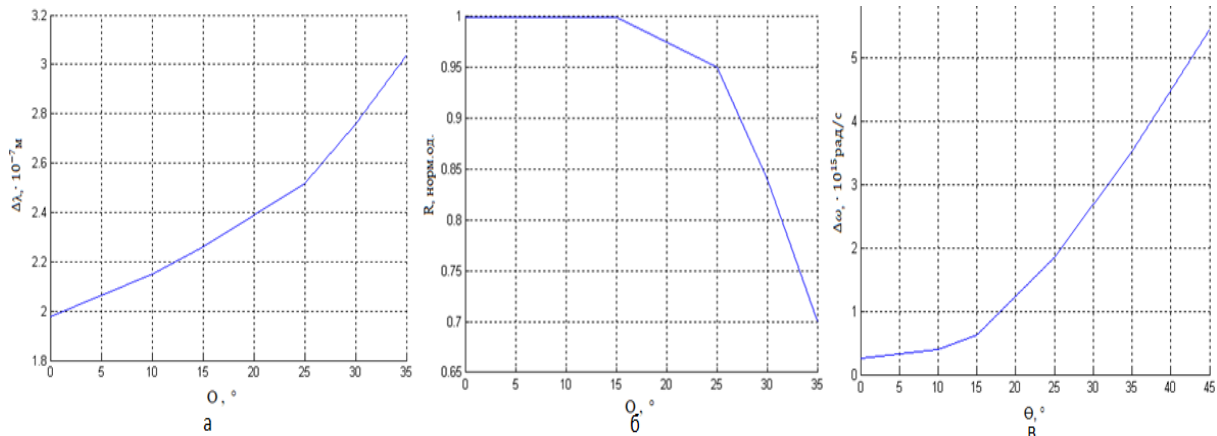


Рисунок 2 – Графіки залежності характеристик: а – Залежність $\Delta\lambda = \Delta\lambda(\Theta)$; б – Залежність $R = R(\Theta)$; в – Залежність $\Delta\omega = \Delta\omega(\Theta)$

Розраховані спектри відбиття показали що зі збільшенням величини кута між джерелом і структурою смуга відбиття стає ширшою. При збільшенні значення кута орієнтації структури коефіцієнт відбиття стає менший 1. Для коефіцієнта відбиття з'являється деяке фонове значення. Довгохвильова частина спектру стає більш пологою при збільшенні кута. Приведено залежності закону дисперсії для різних значень величини кута. Показано, що фотонна заборонена зона збільшується з ростом кута між джерелом випромінювання і структурою. Дисперсійні криві розпорошуються, а середня лінія дисперсійних кривих вирівнюється при збільшенні кута, що приводить до появи деякого широкого діапазону частот по обидва боки забороненої зони. Таким чином, ймовірність проходження та відбиття променів з близькими хвильовими векторами стає майже однаковою для всього досліджуваного спектрального діапазону. Цей ефект може обумовлювати появу фонового рівня в спектрах відбиття.

- [1] Євчик А. В. Вплив дефектів структури на розповсюдження світла у фотонних кристалах [Текст] / А. В. Євчик // УДК 538.938. – 2015. – С. 25–36.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF BRAGG STRUCTURE MODEL WITH DIFFERENT LAYER ORIENTATION

A. Tarasenko, A. Yevchik

*Oles Honchar Dnipro National University
andretar4@gmail.com*

The research deals with study of reflection spectra of Bragg structure with allowance for different orientations of layers and dispersion law for a given structure. The results of the work can be used for further development of Bragg's model approximated to real conditions; results can be used to create devices based on Bragg structures.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЛЕЯ НА ОСНОВІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

К. Михайлов, А. Галат

*Харківський національний університет радіоелектроніки
d_meda@nure.ua*

OLED-панелі мають ряд переваг в порівнянні з традиційними РК-телевізорами. Органічні світлодіоди самостійно випромінюють світло, а значить, не потребують підсвічування. Дисплеї на базі технології OLED характеризуються невеликою товщиною і маленьким часом відгуку. Крім того, такі екрани мають більш високу в порівнянні з РК-панелями дозвіл і краще відображають кольори.

1. Виробництво OLED-телевізорів буде обходитися дешевше так як на перший погляд це твердження може здатися дивним, враховуючи вартість Sony XEL-1. Однак OLED-телевізори влаштовані простіше, ніж їх РК-аналоги. Органічні світлодіоди можна виробляти з полімерів, здатних світитися при проходженні через них світла. Це дозволяє значно спростити конструкцію телеприймача, оскільки відпадає необхідність в цілому ряді компонентів, використовуваних в РК-телевізорах.

2. OLED-телевізори більш екологічні за рахунок зниження енергоспоживання світлодіодних телевізорів обумовлено відсутністю горезвісної підсвічування. За цим показником вони на 40% перевершують конкурентів в особі ЖК. Зростаюча популярність плоскоекранних телевізорів призводить до зростання споживання електроенергії, і ця перевага OLED є вкрай важливим. Крім того, виробники обіцяють до 2012 року збільшити строк служби телевізорів на основі органічних світлодіодів з 30 000 до 75 000 годин.

3. OLED-телевізори більш гнучкі у буквальному сенсі. Світлодіодні екрани можна буде виробляти на базі гнучких полімерів. Це дозволить згорнути OLED-телевізор в рулон і покласти його в кишеню. Така особливість технології відкриває широкі можливості перед дизайнерами мобільних телефонів, ноутбуків і MP3-плеєрів.

Як виявилось, технологія OLED практично за всіма параметрами помітно випереджає LCD, причому тепер при описі характеристик дисплея навіть відпадає необхідність вказувати деякі звичні параметри. Зокрема, час відгуку у OLED дорівнює 10 мікросекундам, що приблизно 1060 разів менше, чому сучасних LCD-панелей. Вловити таке "запізнювання" людське око не здатне чисто фізіологічно. До того ж кут огляду останніх OLED-екранів становить майже 180 градусів, при цьому навіть у одних з самих перших моделей цей параметр був не менше 160 градусів. Також не відстають показники яскравості і контрастності. Гранична яскравість може досягати астрономічних 100'000 кд/кв. м (звичайно, в стандартних панелях цей параметр буде обмежуватися меншим значенням), причому її можна вільно змінювати в широкому діапазоні, при необхідності є можливість навіть знижувати її всього до кількох кандел. А контрастність навіть у існуючих моделей знаходиться на рівні 5000: 1. Зокрема, такий високий показник досягається завдяки тому, що органічні світлодіоди здатні абсолютно точно передавати чорний колір, що просто відповідає вимкненому стану. Плюс до всього, OLED-панелі адекватно переносять розкид температур: вони здатні функціонувати при температурах від мінус до градусів за Цельсієм до плюс 70 (в деяких випадках витримують навіть 100)

Висновки. Потреба в перевагах, що демонструються органічними дисплеями, з кожним роком зростає. Цей факт дозволяє укласти, що незабаром дисплеї, вироблені з

OLED технологіями, з високою ймовірністю стануть домінантними на ринку електроніки народного споживання. Звичайно, існують технологічні проблеми, як малий термін життя синього світлодіода, є також комерційні проблеми, пов'язані з великою вартістю OLED-дисплеїв, але вже зараз ці проблеми вирішуються і, можливо, вже скоро такі технології будуть переважати над тими, які були раніше

- [1] Sameh Sarhan, Chris Richardson. A matter of light // www.embedded.com.
- [2] Zhongming Ye. LED Driver implements power factor regulation and dimming function // www.powermanagementdesignonline.com.
- [3] Design Challenges of Switching LED Drivers. Application Note AN-1 656 // www.national.com

STUDY OF DISPLAY CHARACTERISTICS BASED ON ORGANIC COMPOUNDS

K. Mykhailov, A. Galat.

*Kharkiv national University of Radioelectronics
d_meda@nure.ua*

When studying the principle of operation of an OLED display (organic light emitting diode), its device and application. This topic is modern, developing, and therefore relevant. The reason for the relevance is that at present there is a search for solid-state light sources and display media, which, due to a number of their advantages, displace traditional light sources, which have reached their maximum parameters during their century-long history of development.

The purpose of this work is to develop and study the characteristics of the display based on organic compounds.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ВІДБИТТЯ ВІД РІЗНИХ ТОЧОК ПОВЕРХНІ ФОТОННИХ КРИСТАЛЛІВ

Д. Соснін, А. Євчик

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dimchick911@gmail.com*

Виміряно спектри відбиття від різних точок фотонного кристаллу з урахуванням дефектів. Результати роботи можуть бути використані для подальшої розробки наближеної до реальних умов моделі бреггівської структури; результати можуть бути застосовані для створення пристроїв на основі бреггівських структур.

В роботі був використаний модифікований спектрометр на базі монохроматора ДФС-12. Основу спектрометра складає подвійний монохроматор ДФС-12, оптична схема

якого відповідає схемі Еберта-Фасті. Фотопомножувач ФЕУ-79. Світловий пучок направлявся на зразок, закріплений на стільці мікроскопа LMA 10.

Дослідження дефектів структури та їх вплив на оптичні властивості синтетичних опалів приводить до необхідності пошуку кількісного параметру, що виражатиме ступінь упорядкованості зразка. Тоді в кожному шарі певної товщини кількість дефектів буде однаковою. Відповідно кількість іризуючих ділянок в кожному шарі теж повинна бути однаковою. У якості параметру, що виражає кількісну оцінку упорядкованості зразка введено коефіцієнт η , який виражається як відношення кількості іризуючих ділянок до загальної досліджуваної площі зразка. З метою коректної оцінки площ фотографії поверхонь зразків піддавалися програмній обробці. Фотографія знебарвлювалась та підбирався контраст так, щоб кількість світлих ділянок співпадала з кількістю іризуючих ділянок виділеної області зразка. В подальшому було використано гістограму для знаходження точної кількості чорних та білих пікселів для підрахунку нашого коефіцієнта упорядкованості.

Були виміряні спектри відбиття від декількох точок зразка з різною упорядкованістю структури. Виявлено, що спектри від різних точок мають різне значення напівширини максимуму відбиття. На основі встановлених коефіцієнтів упорядкованості точок зразка величини напівширин максимумів були поставлені у відповідність до отриманих коефіцієнтів. На рис. 1 видно, що ця залежність має лінійний характер.

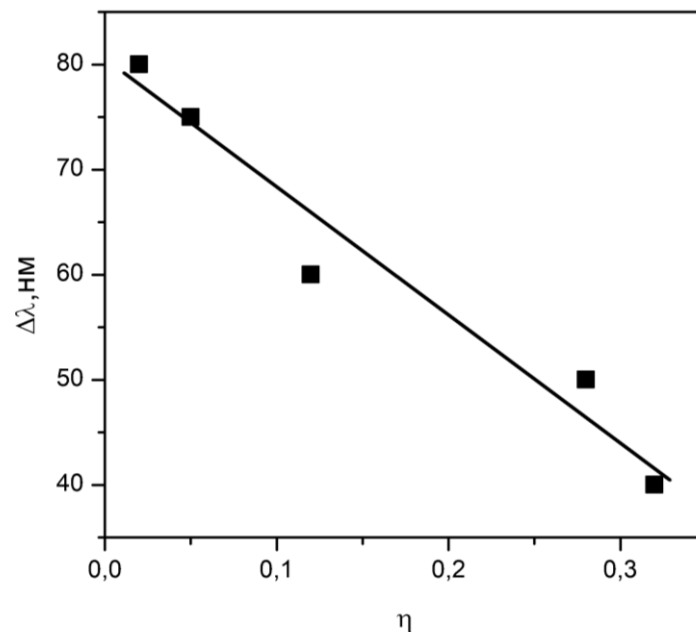


Рисунок 1 – Залежність на півширини смуги відбиття від показника упорядкованості

Фотографування поверхні фотонного кристала у різних точках під збільшенням в оптичному мікроскопі дозволило встановити чіткі межі ділянок, що мають фотоннокристалічні властивості. Вивчення спектрів відбиття показало, що на півширина смуги відбиття збільшується зі зменшенням кількості ділянок з фотоннокристалічними властивостями. На основі визначеного показника упорядкованості структури та виміряних спектрів встановлена закономірність цього показника та на півширини смуги відбиття. Показано, що ця залежність має лінійний характер.

- [1] Євчик А. В. Вплив дефектів структури на розповсюдження світла у фотонних кристалах [Текст] / А. В. Євчик // УДК 538.938. – 2015. – С. 25–36.

RESEARCH OF SPECTRUM OF REFLECTION FROM DIFFERENT POINTS OF SURFACE PHOTONIC CRYSTALS

D. Sosnin, A. Yevchik

Oles Honchar Dnipro National University

dimchick911@gmail.com

The reflection spectra from different points of the photonic crystal were measured taking into account the defects. The results of the work can be used to further develop a model of the Bragg structure that is close to real; the results can be applied to create devices based on Bragg structures.

KINETICS AND LIFETIME DISTRIBUTIONS OF EXCITON PHOTOLUMINESCENCE OF PbMnI₂ SEMICONDUCTOR CRYSTALS

A. Bukivskii, Yu. Gnatenko, P. Bukivskii, Yu. Piryatinski

Institute of Physics NAS of Ukraine

ap.bukivskii@gmail.com

As mentioned earlier [1], the layered semiconductor PbMnI₂ crystals are promising materials for the development of highly sensitive scintillation detectors of X-rays and gamma radiation. The investigations of the morphological and structural properties as well as the optical spectra, namely, low-temperature ($T = 4.5\text{K}$) photoluminescence (PL) and exciton reflection (ER) spectra showed that these solid solutions are a system with a rather heterogeneous distribution of manganese ions [1]. This distribution heterogeneity has a strong effect on PL spectrum of the crystals and we suppose that it also would affect the lifetimes of the optical energy transfers in the crystal. Therefore, the kinetics and lifetime distribution studies of exciton PL of PbMnI₂ semiconductor crystals were carried out.

The PL measurements of the investigated crystals at liquid helium temperatures have shown PL bands of free excitons ($\lambda = 497\text{ nm}$) and donor-acceptor pairs ($\lambda = 509\text{ nm}$) in PbI₂ crystals as well as the short wavelength band of localized excitons ($\lambda = 486\text{ nm}$) in Pb_{1-x}Mn_xI₂ crystal region embedded in PbI₂ matrix.

The time-resolved PL studies which we are reporting gave us information about the response time of the materials and the dynamics of electronic processes occurring in these materials, which cause their luminescence.

The PL kinetics of Pb_{1-x}Mn_xI₂ crystals were measured using a lifetime spectrometer LifeSpec2 at liquid helium temperature at different wavelengths. The analysis of the obtained PL kinetic data was carried out by approximation of the decay curve by a large number ($N = 200$) of exponentials. This method allowed us to establish the lifetime distribution function and its peaks for each separate PL band.

The PL kinetics of mentioned above bands namely the band of localized excitons, the bands of donor-acceptor pairs and the free exciton line were analyzed and lifetime distributions

for these bands were obtained. It should be noted that the PL lifetime of major PL bands of $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{I}_2$ crystals is affected by the Mn atoms concentration (X) and accordingly by the distribution heterogeneity of manganese ions. It was shown that structural heterogeneity is reflected in the lifetime heterogeneity.

- [1] Bukivskii A.P., Kovaliuk Z.D., Gamernyk R.V., Stryganyuk G.B., Gnatenko Yu.P., Bukivskii P.M. // XXIV ISSSMC, 25 – 30 August, 2019, Odesa, Ukraine.

EFFECTIVE TRIPLE GLUON AND PHOTON-GLUON VERTEXES IN THE QUARK-GLUON PLASMA

I. Baranov, V. Skalozub

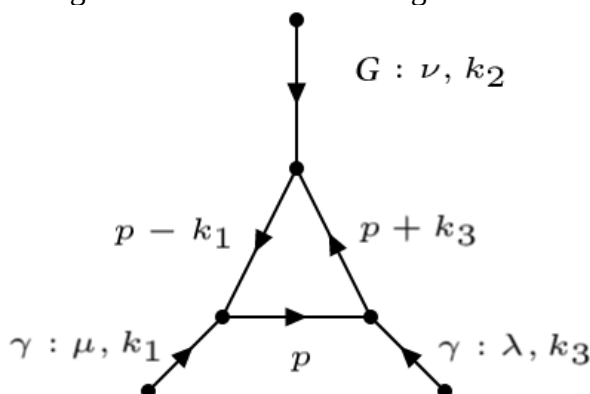
Oles Honchar Dnipro National University
skalozubvv@gmail.com

The quark-gluon plasma is a new object in nature, which consists of quarks and gluons in the state of asymptotic freedom. Plasma exists at high temperatures and densities and is very unstable. Due to a number of unique processes, quark-gluon plasma is the main object of research nowadays. Despite such high interest, many phenomena are not yet investigated.

At low energies the interaction between quarks is so strong that they form a bound state. However, due to asymptotic freedom at high energies, the effective coupling becomes weak. Quarks are deconfined and form the quark-gluon plasma state. This is so-called deconfinement phase transition (DPT).

There is a number of processes absent in vacuum through the Furry's theorem. This theorem states that Feynman diagrams with odd number of external photonic lines mutually cancel (and thus give a zero total contribution to any process amplitude). This is valid for vacuum, but in the presence of plasma, C-parity is violated, and the theorem ceases to be satisfied.

The generally recognized $SU(3)$ global symmetry violation mechanism at high temperatures is the appearance of the so-called A_0 -condensate. Its presence leads to the appearance of the chromomagnetic mass and color charges.



Pic. 1. Effective photon-gluon vertex

The goal of this work is to investigate two of new type processes, three-lined gluon and photon-gluon (Pic.1) diagrams. For this reason, it was developed the computational package based on the Wolfram Mathematica package.

It is needed not only to compute the mentioned diagrams but also to automate the calculation of other new vertexes which exists in quark-gluon plasma. Expressions for the simplest processes have already been obtained, but more complex processes must also be taken into account for further consideration. This significantly increases the complexity and time of calculations that makes the computational package much more needed.

Наукове видання

**Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і
комп'ютерних систем (MEICS-2019)**

Тези доповідей
на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції:
27-29 листопада 2019 р., м. Дніпро

Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.

Українською, англійською мовами

Матеріали рекомендовані до друку 21 листопада 2019 року: протокол № 6
від 21.11.2019 р. засідання Вченої ради Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

Підписано до друку 21.11.2019 р.
Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Форма 60х90 1/8. Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 25,68.
Наклад 300 прим. Замовлення № 77-77

Видавництво ПП Щербатих О.В.
вул. Софіївська, 36 Б, м. Кременчук, 39601
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
Суб'єкта видавничої справи ДК № 2129 від 17.03.2005 р.