



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2016

МАТЕРІАЛИ
та програма

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 18-22 квітня 2016 року)

Суми,
Сумський державний університет
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ: 2016

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 18–22 квітня 2016 року)



Суми
Сумський державний університет
2016

Шановні колеги!

Факультетом електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету в черговий раз щиро вітає учасників щорічної конференції «Фізика, електроніка, електротехніка». Головними принципами конференції є її відкритість і вільна участь для всіх учасників незалежно від віку, статусу та місця проживання. Оргкомітет планує й надалі не запроваджувати організаційного внеску.

Важливою особливістю конференції є її технологічність та відмінні авторські сервіси завдяки веб-сайту конференції. Усі подані матеріали автоматично доступні для зручного перегляду на сайті та добре індексуються пошуковими системами. Це допомагає учасникам сформуванню своєї цільової аудиторії та є потужним фактором популяризації доробку авторів на довгі роки.

Цього року ми щиро вдячні за матеріальну підтримку партнерам факультету ЕлІТ СумДУ: **Netcracker**, **Porta One**, **Эффективные решения** та **CompService**.

Усі питання та пропозиції Ви можете надіслати на електронну адресу, зазначену нижче.

E-mail: elitconf@gmail.com

Web: <http://elitconf.sumdu.edu.ua/index.php/electronics/fee16>

Секції конференції

1. Теоретична та експериментальна фізика.
2. Наноматеріали: застосування та властивості.
3. Матеріалознавство мікро- та наноелектроніки.
4. Електронне приладобудування.
5. Електротехніка.
6. Електронні системи, прилади і засоби кодування інформації.

Голова оргкомітету –

проф. С.І. Проценко

СЕКЦІЯ № 1
«ТЕОРЕТИЧНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

Голова секції – д-р фіз.-матем. наук, проф. Лопаткин Ю.М.
Секретар секції – асист. Бистрик Ю.С.

Початок: 21 квітня 2016 р., ауд. ЕТ 314, 15⁰⁰

1. Оцінка електростатичної складової у міжклітинній адгезії в середовищах з різною концентрацією 1:1 електроліту.

Автор – викл. Баранник М.О.
Керівник – проф. Гордієнко О.І.

2. Влияние условий закалки на кинетику формирования доменной структуры сегнетоэлектриков при фазовых переходах первого рода.

Автори: асп. **Мазур О.Ю.**,
д-р фіз.-матем. наук Стефанович Л.И.

3. Дрейф однодоменных наночастиц, индуцируемый силой Магнуса.

Автори: студ. **Павлюк М.А.**,
докт. Лютый Т.В.,
проф. Денисов С.И.

4. Дислокаційна люмінесценція кристалів кремнію.

Автор – студ. Святюк Д.Р.
Керівник – проф. Павлик Б.В.

5. Фотопровідність твердих розчинів заміщення $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ ($0,4 < x < 0,9$).

Автори: асп. Кашуба А.І.,
доц. Бовгира О.В.,
проф. Франів А.В.

6. Електронно-управляемые контроллеры поляризации для кольцевых волоконных лазеров.

Авторы: асп. **Гнатенко А.С.**,
студ. Ибадуллина А.М.

7. Определение структуры и химического состава корродированных старинных монет с помощью лазерного микроанализа, рентгеноспектрального и дифракционного анализа.

Автор – доц. Ермалицкая К.Ф.

8. Спонтанный ориентационный фазовый переход в кубическом ферритмагнетике.

Авторы: ст. преп. Ниязов Л.Н.,
студ. Норова Д.

9. Исследование модулированной фазы гематита содержащей диамагнитные примеси.

Авторы: ст. преп. Ниязов Л.Н.,
студ. Норова Д.

10. Дисипативні процеси в полімерних нанокompозитах.

Автор – проф. Колупаев Б.С.

11. Термодинамічні властивості насиченого твердого розчину суперіонної сполуки Ag_2ZnI_4 системи $Ag-Zn-Se-i$

Автори: доц. **Мороз М.В.**,
доц. Прохоренко М.В.,
зав. лаб. Рудик Б.П.,
доц. Нечипорук Б.Д.,
асист. Соляк Л.В.

12. Влияние продуктов диспергирования на электрические и энергетические характеристики искрового разряда.

Автор – асп. Листовский Д.И.

13. Морфологічна гетерогенність полімерних композитних матеріалів.

Автор – викл. Ляшук Т.Г.
Керівник – проф. Колупаев Б.С.

14. Про можливість застосування метаматеріалів при створенні елементної бази міліметрових довжин хвиль.

Автори: асп. **Буряк І.А.**,
доц. Журба В.О.,
проф. Воробйов Г.С.

15. Плівки твердих розчинів $Cd_xZn_{1-x}S$ для вікон сонячних елементів.

Автори: студ. **Салогуб А.О.**,
асп. Єрьоменко Ю.С.,
проф. Опанасюк А.С.

16. Применение многоуровневых систем для описания экстракции сверхкритическим диоксидом углерода комплексов урана в присутствии воды.

Автор – к.т.н. Иванова С.Ф.

17. Класифікація метаматеріальних структур в техніці НВЧ.

Автори: асп. **Шубніков В.С.**,
доц. Петровський М.В.,
проф. Воробйов Г.С.

18. Особенности электродинамических характеристик двухрядной периодической структуры на цепочке связанных щелевых резонаторов.

Авторы: проф. Воробьев Г.С.,
доц. Петровський М.В.,
асп. **Шубніков В.С.**

19. До питання підвищення ефективності відбору енергії від розподілених джерел типу діелектричний хвилевід – дифракційна решітка.

Автори: проф. Воробйов Г.С.,
доц. Рубан А.І.,
асп. **Прокопчук О.В.**

20. Аналіз режимів збудження просторових гармонік дифракційно-черенковського випромінювання в середовищі з різною діелектричною проникністю.

Автори: доц. Рубан А.І.,
асп. **Прокопчук О.В.**

21. Фазовые переходы первого рода в ортоферритах.

Авторы: доц. Медведовская О.Г.,
асп. **Федоренко Т.А.**,
проф. Чепурных Г.К.

22. Динаміка ґратки кристалу Tl_4CdI_6 .

Автори: здоб. **Соловійов М.В.**,
асист. Франів В.А.,
асист. Футей О.В.,
доц. Бовгира О.В.,
асп. Кашуба А.І.

23. Нелинейная метрология как универсальный инструмент исследования сложных систем.

Автор – доц. Курской Ю.С.

24. Дослідження домішкових кристалів літію амонію сульфату.

Автор – доц. Шамшин О.П.

25. Исследование отклика сцинтилляционных детекторов на поток нейтронов от источника $^{239}\text{PuBe}$.

Авторы: студ. **Ананьева В.А.**,
доц. Малыхина Т.В.,
зам. зав. каф. Щусь А.Ф.

26. Возбужденный ангармонический осциллятор: классический и квантовый случай.

Авторы: асп. **Быстрик Юл.С.**,
ст. преп. Денисов С.В.

27. Potential Surface of Polymethine Dye Molecule in the optimized state.

Authors: Post-grad. Stud. **Solomko V.V.**,
Prof. Lopatkin Yu.M.,
Stud. Logvinenko A.Yu.,
Prof. Kondratenko P.A.

28. Индуцированная взаимно-коррелированными шумами бистабильность: среднее время переключения.

Автор – ст. преп. Витренко А.Н.

29. Proton Transfer Route in Spiropyran Molecule.

Authors: Post-grad. Stud. **Kovalenko O.A.**,
Prof. Lopatkin Yu.M.,
Stud. Oblapenko A.A.,

Prof. Kondratenko P.A.

30. Ферромагнитная наночастица в жидкости:
Броуновское вращение и поглощение энергии.

Авторы: докт. Лютый Т.В.,
асп. **Рева В.В.**

31. Вращение слабоанизотропной ферромагнитной наночастицы
в вязкой жидкости под действием переменного поля.

Авторы: докт. Лютый Т.В.,
асп. **Гришко А.Н.**,
студ. Ковнер А.А.

32. Дослідження коефіцієнта поглинання світла у монокристалах
сполук $\text{Ag}_{0.95}\text{Cu}_{0.05}\text{GaGe}_3\text{Se}_8$, $\text{AgGa}_{0.95}\text{In}_{0.05}\text{Ge}_3\text{Se}_8$ та
 $\text{AgGaGe}_{2.85}\text{Sn}_{0.15}\text{Se}_8$.

Автори: асп. **Кримусь А.С.**,
доц. Мирончук Г.Л.,
студ. Кльоц О.М.,
студ. Каплявка К.В.

33. Оптичні, фотоелектричні властивості квазібінарних систем
 $\text{TlInSe}_2\text{-GeSe}_2$.

Автори: мол. наук. співроб. **Замуруєва О.В.**,
асп. Махновець Г.В.,
доц. Мирончук Г.Л.

34. Метаматеріали на основі пористих полімерних структур з
властивостями невідбиваючого поглинання ультразвукової
хвилі.

Автор – магіст. Шемедюк О.Л.
Керівник – доц. Кривцов В.В.

35. Чисельний розрахунок коефіцієнта екстинкції для дислокаційних петель з певною орієнтацією.

Автори: проф. Яремій І.П.,
асист. **Томин У.О.**

36. Реакція полівінілхлоридних наноконкомпозитів на дію зовнішніх полів різної фізичної природи.

Автори: студ. **Лапюк Р.В.**,
студ. Дуля П.І.
Керівник – доц. Кривцов В.В.

37. Численное исследование законов сверхмедленной диффузии для непрерывных во времени случайных блужданий.

Автори: асп. **Быстрик Ю.С.**,
проф. Денисов С.И.

38. Исследование изохорной теплопроводности кристаллического 1-пропанола.

Автори: доц. **Карачевцева А. В.**,
проф. Константинов В.А.,
доц. Саган В.В.,
доц. Ревякин В.П.

39. Перенос тепла в твердом C_3H_7OH .

Автори: доц. **Саган В.В.**,
проф. Константинов В.А.,
доц. Карачевцева А. В.,
доц. Ревякин В.П.

40. Формування широкого мультигармонічного спектру двопотокової нестійкості за умови початкового теплового розкиду.

Автори: доц. Лисенко О.В.,
доц. Ромбовський М.Ю.,
доц. Коваль В.В.,
студ. **Усик К.О.**

41. Изохорная теплопроводность простых одноатомных спиртов: 1-пропанол.

Авторы: доц. **Ревякин В.П.**,
проф. Константинов В.А.,
доц. Саган В.В.,
доц. Карачевцева А. В.

42. Prototype of Stable Molecular Switch.

Authors: PhD stud. **Malashenko A.G.**,
Stud. Shevchenko Yu.A.,
Prof. Lopatkin Yu.M.,
Assoc. Prof. Sakun T.N.

43. Розрахунок фаз пр- розсіяння при великих енергіях для потенціалів Аргонської групи.

Автор – ст. викл. Жаба В.І.

44. Асимптотики фазової і хвильової функцій по методу фазових функцій.

Автор – ст. викл. Жаба В.І.

45. Дисперсійні характеристики системи зв'язаних діелектричних хвилеводів з екрануванням.

Автори: доц. Кривець О.С.,
доц. Дрозденко О.О.,
студ. **Шепіль Є.А.**

СЕКЦІЯ № 2
«НАНОМАТЕРІАЛИ: ЗАСТОСУВАННЯ ТА
ВЛАСТИВОСТІ»

Голова секції – д-р. фіз.-матем. наук, проф. Погребняк О.Д.
Секретар секції – асп. Кравченко Я.О.

Початок: 21 квітня 2016 р., ауд. ЕТ 314, 15⁰⁰

1. Наночастиці золота на основі політиоціангідроксинона:
синтез и свойства.
Автор – канд. хім. наук **Литвин В.А.**
2. Формування нанопокриття леткими інгібіторами корозії.
Автори: канд. техн. наук Воробйова В.І.,
канд. техн. наук Трус І.М.,
канд. техн. наук Скиба М.І.
3. Про застосування краплинної конденсації при опрісненні
морської води.
Автори: студ. Гальченко І.В.,
студ. Затірка Н.О.,
студ. Шевченко О.М.,
доц. Гавриш А.С.
4. Superhydrophobic/superhydrophilic switching on the surface of
ZnO microstructures caused by UV irradiation and argon ion
etching process.
Автори: студ. **Mostovyi U.R.**,
асп. Rudyk Yu.V.
гол. лабор. Turko B.I.,
проф. Kapustianyk V.B.

5. Динамічна в'язкість металонаноккомпозитів на основі полівінілхлориду.

Автор – ст. викл. Левчук В.В.

6. Роль азота в формуванні нанокolonарних плінок нітрида вуглерода при реактивному магнетронному осадженні.

Автори: асп. Пасько М.И.,
канд. фіз.-матем. наук Прудников А.М.

7. Отримання вуглецевих нанотрубок у дуговому розряді.

Автори: проф. Старовойт А.Г.,
асп. Кеуш Л.Г.

8. Особливості вирощування напівпровідникових шарів імпульсними методами рідиннофазної епітаксії.

Автори: мол. наук. співроб. Цибуленко В.В.,
ст. наук. співроб. Шутов С.В.

9. Теплоємність металонаноккомпозитів на основі ПВХ у рамках фрактального підходу.

Автор – доц. Сідлецький В.О.

10. Вплив тривалості ізотермічного відпалу активованих вуглецевих матеріалів на ємнісні характеристики електрохімічного конденсатора.

Автори: асп. **Николюк М.О.**,
докторант. Рачій Б.І.

Керівник – проф. Будзуляк І.М.

11. Вплив методу отримання нанодисперсного металевого наповнювача на діелектричні властивості полімерних композитних матеріалів.

Автор – доц. **Максимцев Ю.Р.**

12. Вакансії і дивакансії кремнію - наноструктурні формування, на основі яких можуть бути побудовані елементи приладів квантових інформаційних технологій.

Автор – доц. Марценюк Л.С.

13. Влияние среды на фазовый состав синтезированного электровзрывным методом карбида молибдена.

Автор – мол. наук. співроб. **Цолин П.Л.**

14. Взаємозв'язок між теплофізичними та граничними механічними характеристиками металонанодисперсних полімерних систем.

Автор – проф. Колупасєв Б.Б.

15. Електрохімічні характеристики наноконкомпозитів $\text{FeF}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}/\text{C}$ як катодних матеріалів для літійєвих джерел струму.

Автори: ст. наук. співроб. Мокляк В.В.,
асп. **Збіглей Л.З.**

Керівник – проф. Остафійчук Б.К.

16. Рентгеноспектральне дослідження особливостей електронної структури вуглець-кремнеземних порошкових композицій.

Автори: наук. співроб. **Ільків Б.І.**,
наук. співроб. Фоя О.О.,
наук. співроб. Петровська С.С.,
ст. наук. співроб. Бондаренко Т.М.,
асп. Лужний І.В.,
асп. Ільків О.В.,
проф. Зауличний Я.В.

17. Нанопористі вуглецеві матеріали для суперконденсаторів.

Автор – асп. Семенчук І. І.

18. Синтез і електричні властивості нанодисперсного магній-заміщеного літійового фериту.

Автори: асп. **Кайкан Ю.С.**,
наук. співроб. Кайкан Л.С.
Керівник – проф. Остафійчук Б.К.

19. MD simulation of AlCoCuFeNi high-entropy alloy nanoparticle.

Author – Assos. Prof. Kushnerov O.I.,

20. Фотокаталітичні властивості нанокompозиту брукіт / анатаз .

Автори: асп. **Мізілевська М.Г.**,
проф. Коцюбинський В.О.,
доц. Тадеуш О.Х.

21. Порівняльна характеристика моно- та багат шарових наноструктур на основі TiN/MoN.

Автор – студ. Лісовенко М.О.
Керівник – проф. Погребняк О.Д

22. Моделювання плавлення біметалевих наночастинок методами молекулярної динаміки.

Автори: студ. **Реброва К.С.**,
асп. Кравченко Я.О.,
Керівник – докторант Борисюк В.М.

23. Дослідження колективних ефектів у суміші наночастинок неправильної форми.

Автори: доц. Ющенко О.В.,
студ. **Руденко М.А.**

24. Метод формування ультратонких металевих плівок.

Автори: студ. **Манжола Б.**,
доц. Солдатенко Ю.О.,
доц. Корнющенко А.С.

25. Дослідження нітридів високоентропійних сплавів (TiZrHfVNb)N.

Автор – студ. **Кириченко О.В.**,
Керівник – проф Погребняк О.Д.

26. Мультифрактальний аналіз будови поверхонь наноструктурованих сполук.

Автори: студ. **Сивокозов С.М.**,
асп. Кравченко Я.О.
Керівник – докторант Борисюк В.М.

27. Механізми підвищення міцності покриттів на основі систем Ti-W-C і Ti-W-B, осаджених на металеву підкладку.

Автори: ст. викл. Шовкопляс О.А.,
проф. Соболь О.В.

28. Використання методу зарядової щільності для обчислення аксіально-симетричного неоднорідного магнітного поля.

Автори – студ. Барсегян Н.М.
Керівники: доц. Дрозденко О.О.,
доц. Кривець О.С.

29. Емісія фотонів з поверхні кристалу NaCl з нановключеннями Ag при електронному опроміненні.

Автори: наук. співроб. Кузьма В.В.,
доц. Коноплев О.М.,
доц. Митропольський І.Є.,
мол. наук. співроб. Буксар В.С.

**СЕКЦІЯ № 3 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО МІКРО- ТА
НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»**

Голова секції – канд. фіз.-матем. наук, доц. Чешко І.В.

Секретар секції – канд. фіз.-матем. наук, асист. Шабельник Ю.М.

Початок: 20 квітня 2015 р., ауд. Ц 326, 11⁰⁰

1. Магніторезистивні властивості тришарових плівок Co/Dy/Ni.

Автор – асп. **Шабельник Т.М.**,

Керівник – проф. Черноус А.М.

2. Магніторезистивні властивості плівкових матеріалів.

Автор – магістр. **Шумакова М.О.**,

Керівники: проф. Проценко С.І.,
доц. Однодворець Л.В.

3. Магнітооптичні властивості плівкових систем Co/Ag/Co.

Автори: студ. **Коропек В.В.**,

асист. Шабельник Ю.М.,
ст. викл. Пазуха І.М.

4. Магніторезистивні властивості високоентропійних плівкових матеріалів.

Автори: асп. **Дуля Д.В.**,
мол. наук. співроб. Воробйов С.І.,
мол. наук. співроб. Кондрахова Д.М.

Керівник – проф. Проценко І.Ю.

5. Структурні характеристики вуглецевих нанотрубок.

Автори: магістр. **Самусь А.А.**,

доц. Шумакова Н.І.

6. Формування острівців фулериту C_{60} на вуглецевій підкладці.

Автори: магістр. **Скубко В.О.**,
 доц. Шумакова Н.І.

7. Магніторезистивні властивості спін-вентильних структур на основі Co, Ag та $Fe_{20}Ni_{80}$.

Автор – магістр. **Колоскова О.А.**
Керівник – ст. викл. Пазуха І.М.

8. Електрофізичні властивості тонких плівок Ru.

Автори: магістр. Распутько Ю.В.,
 асп. Логвинов А.М.
Керівник – доц. Чешко І.В.

9. Магнітні характеристики приладових плівкових структур на основі Fe та Au.

Автори: магістр. Приходько А.М.,
 асп. Костенко М.В.
Керівник – доц. Чешко І.В.

10. Дослідження магнітоопору у системах спін-вентильного типу на основі $CoNi$ та Cu.

Автори – магістр. **Шуляренко Д.О.**,
Керівник – доц. Шкурдода Ю.О.

11. Структурно-фазовий стан, магнітні та магніторезистивні властивості тришарових плівок на основі Ni та Dy

Автори: асп. Шабельник Т.М.,
 пров. фах. Шутілева О.В.,
 мол. наук. співроб. Воробйов С.І.
Керівник – проф. Черноус А.М.

12. Структурні особливості плівок $Cd_{1-x}Mn_xTe$.

Автори: ст. викл. Колесник М.М.,
студ. Голиченко О.О.,
студ. Гусак Є.І.,
доц. Опанасюк Н.М.,
проф. Опанасюк А.С.

13. Елементний склад плівок Zn_2SnO_4 , отриманих методом спреї-піролізу.

Автори: студ. **Салогуб А.О.**,
асп. Климов О.В.,
асп. Возний А.А.,
проф. Опанасюк А.С.

14. Формування наноструктур на основі хрому і його сплавів електрохімічним методом.

Автори: магістр. **Білокур Д.О.**,
студ. Босенко О.В.,
доц. Проценко З.М.

15. Гібридні накопичувачі енергії на основі наноструктурованих напівпровідників.

Автори: доц. **Сичікова Я.О.**,
доц. Дейнеко Н.В.

16. Використання оксидів лужноземельних металів у світлодіодних технологіях.

Автори: асп. Дяденчук А.Ф.,
асист. Сімченко С.В.

17. Влияние добавок оксидов Mo, Pb и Mg на электрические параметры варисторов на основе оксида цинка.

Автори: студ. **Микитас А.Д.**,
студ. **Николенко Е.А.**,
студ. **Кукуяшный В.А.**,
студ. **Исаев А.С.**,
доц. **Ляшков А.Ю.**

18. Центри люмінесценції в тонких плівках $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.

Автори: асп. **Медвідь І.І.**,
магістр **Бордун Б.О.**
Керівник – проф. **Бордун О. М.**

19. Міграція включень в кристалах $\text{Cd}(\text{Mn})\text{Te}$.

Автори: наук. співроб. **Солодін С.В.**,
доц. **Копач О.В.**,
проф. **Опанасюк А.С.**,
проф. **Фочук П.М.**

20. Хімічна обробка поверхні $\text{Cd}(\text{Mn})\text{Te}$ розчинами на основі молекулярного йоду.

Автори: доц. **Іваніцька В.Г.**,
пров. фахів. **Стрільчук С.М.**,
проф. **Мар'янчук П.Д.**,
проф. **Фочук П.М.**

21. Вплив методів обробки поверхні кристалів $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ на рельєф і глибину порушеного шару.

Автори: ст. наук. співроб. **Дремлюженко С.Г.**,
ст. наук. співроб. **Захарук З.І.**,
доц. **Шафранюк В.П.**,
ст. наук. співроб. **Раренко А.І.**,
проф. **Фочук П.М.**

22. Поведінка сплавів $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Zn}_y\text{Te}$ ($x = 0,05-0,25$, $y = 0,10-0,15$) в околі інтервалу температур топлення.

Автори: асп. Копач В.В.,
доц. Копач О.В.,
проф. Щербак Л.П.,
проф. Фочук П.М.

23. Вплив електронного опромінення на розмірність електронного газу в n -InSe.

Автори: проф. Ковалюк З.Д.,
зав. відділом. Маслюк В.Т.,
пров. інж. Мегела І.Г.,
ст. наук. співроб. Мінтянський І.В.,
ст. наук. співроб. Савицький П.І.

24. Методика нанесення графітової плівки на шаруватий кристал InSe за допомогою органічної зв'язуючої речовини.

Автори: асп. **Ткачук І.Г.**,
асп. Поцілуйко Р.Л.

25. Одержання та оптичні властивості кристалів $TlPb_2Br_{5-x}I_x$.

Автори: асп. **Левковець С.І.**,
проф. Фочук П.М.,
доц. Мирончук Г.Л.,
проф. Федорчук А.О.,
доц. Піскач Л.В.,
доц. Парасюк О.В.

26. Структура і властивості сплавів Tl_3PbBr_5 - Tl_3PbI_5 .

Автори: асп. **Левковець С.І.**,
проф. Фочук П.М.,
проф. Федорчук А.О.,
доц. Мирончук Г.Л.,
доц. Піскач Л.В.,
доц. Юрченко О.М.,
доц. Парасюк О.В.

27. Фотоелектричні властивості гетероструктури p -GaTe - n -InSe.

Автор – асп. Кушнір Б.В.

28. Дисперсія фононів аргіродиту Ag_8SnSe_6 .

Автор – асп. **Семків І.В.**

29. Исследование природы центров окраски в кристаллах шпинели, активированных ионами титана.

Авторы: студ. Ярошевская С.Р.,
ст. науч. сотруд. Кобяков В.А.,
доц. Грицына В.Т.

30. Особенности изменения электрических свойств оксида цинка при его легировании литием.

Авторы: студ. **Литвиненко В.С.**,
доц. Ляшков А.Ю.,
доц. Макаров В.О.

31. Радіаційна стійкість плівок власного оксиду InSe.

Автори: наук. співроб. Сидор О.М.,
наук. співроб. Сидор О.А.

32. Визначення абсолютного виходу фотонів з поверхонь наноструктурованих матеріалів.

Автори: наук. співроб. **Маркович Л.М.**,
наук. співроб. Лінтур М.І.,
наук. співроб. Приходько М.В.,
наук. співроб. Подгорецька Г.Ю.

33. Микроструктура быстрозатвердевших фольг сплава Al – 28.5 ат. % Ge – 1.5 ат. % Si.

Автор – науч. сотруд. Гусакова О.В.

34. Определение ширины запрещенной зоны кристаллов $TlGaSe_2$.

Автор: студ. Нахмедли А.И.
Руководитель доц. Годжаев М.М.

СЕКЦІЯ № 4 «ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Голова секції – д-р фіз.-матем. наук, доц. Однорець Л.В.
Секретар секції – канд. фіз.-матем. наук, ст. викл. Ткач О.П.

Початок: 20 квітня 2016 р., ауд. Ц 3256, 11⁰⁰

1. Diode temperature sensors with tunable sensitivity.

Authors: Researcher S. Yu. Yerochin,
Jr. Researcher A. N. Demenskiy,
Sr. Researcher V. A. Krasnov
Sr. Researcher S. V. Shutov

2. The measurement of LF noise spectral exponent of optocouplers by three-point method.

Author – PhD Student Reschikoff S.E.
Supervisor – Dr. Tech. Sc., Docent Sergeev V.A.,

3. Устройство для снижения воздействия света на глаза водителя.

Автор – студ. Абдуллаева З.М.
Руководитель – доц. Оруджев С.К.

4. Програмный комплекс пульсоксиметру.

Автор – студ. Кутьюгина К.А.

5. Дихотомічна класифікація металевих цілей спектральним методом.

Автор – студ. Фурманчук В.Ю.
Керівник – доц. Мрачковський О.Д.

6. Измерительный комплекс для контроля параметров фотоэлектрических модулей промышленного производства.

Авторы: ст. научн. сотрудн. Кириченко М.В.,
доц. Зайцев Р.В.,
студ. Прокопенко Д.С.

7. Определение температуры перегрева силовых SiC-диодов Шоттки.

Авторы: млад. науч. сотруд. Деменский А.Н.,
науч. сотруд. Ерохин С.Ю.,
ст. науч. сотруд. Краснов В.А.,
ст. науч. сотруд. Шутов С.В.

8. Контроллер заряда аккумулятора от солнечной панели.

Авторы: доц. Филимонов С.А.,
ст. преп. Циба А.А.,
ассист. Филимонова Н.В.

9. Портативний реєстратор сигналів отоакустичної емісії.

Автор: магістр. Заїченко О.О.,

10. Вимірювання ефекту Холла в металевих плівкових матеріалах.

Автори: асп. Волков С.О.,
студ. Томашевський Є.О.,
доц. Олгодворець Л.В.

11. Дифузійні бар'єри інтегрованих мікросхем на основі плівок W і Ti.

- Автор – асп. Подуремне Д.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.
12. Розробка автоматизованої системи крапельного зрошення плодовоовочевих культур.
Автор – студ. Салогор В.В.
13. Розробка частотоміра на базі контролера Arduino.
Автор – студ. Наконечний С.О.
Керівник – асист. Тищенко К.В.
14. Програмно-апаратне забезпечення для дослідження магніто-деформаційних властивостей плівкових матеріалів.
Автори: асп. Говорун М.В.,
ст. викладач Великодний Д.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.
15. Цифровой измеритель учебных лабораторий электротехники.
Авторы: доц. Ворсин Н.Н.,
доц. Янусик И.С.
16. Розробка лабораторного стенду для вимірювання характеристик джерел оптичного випромінювання.
Автори: студ. Іващенко О.Ю.,
студ. Нескородева К.А.,
студ. Сущенко Б.І.,
зав. лаб. Лободюк О.С.,
Керівник – доц. Одноворець Л.В.
17. Регенеративные электронные системы на модулярных архитектурах: теоретические аспекты.
Автор: соискатель Савкин Л.В.

18. Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe. I. Фазовий склад.

Автори: студ. Одноворець К.С.,
магістрант Положій Г.Є.,
інж. Пилипенко О.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

19. Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe. II. Тензорезистивні властивості.

Автори: магістрант Шумакова М.О.,
магістрант Положій Г.Є.,
інж. Пилипенко О.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

20. Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe. III. Магніторезистивні властивості.

Автори: магістрант Шумакова М.О.,
інж. Пилипенко О.В.
Керівник – доц. Одноворець Л.В.

21. Магнітооптичні властивості плівкових матеріалів на основі Fe і Pd (Pt).

Автори: магістрант Остапенко О.С.,
ст. викл. Ткач О.П.
Керівник – доц. Одноворець Л.В.

22. Розробка светодиода на сапфировой підложке.

Автор: преп. Романова И.И.

23. Чутливий елемент сенсора магнітного поля на основі анізотропного плівкового магнітрезистора.

Автор: студ. Богопольський В.М.
Керівник – ст. викл. Пазуха І.М.

24. Тензорезистивні властивості плівок пермалою.

Автори: студ. Овруцький А.С.,
інженер Пилипенко О.В.,
ст. викл. Пазуха І.М.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

25. Плівкові тверді розчини на основі Ni і Cu як матеріал чутливих елементів низькоомних терморезисторів.

Автори: асп. Калініченко С.М.,
ст. викл. Ткач О.П.
Керівник – доц. Однодворець Л.В.

26. Модуль приєма оптических сигналів с входним каскадом на полевом фототранзисторе.

Автори: препод. Тураєв А.А.,
препод. Жураєв А.Р.

СЕКЦІЯ № 5 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ, ПРИБАДИ І ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

Голова секції – д-р. техн. наук, проф. Борисенко О.А.
Секретар секції – інж. Скордіна О.М.

Початок: 20 квітня 2016 р., ауд. ЕТ 211, 13⁰⁰

1. Порівняння оптичних втрат у сонячних елементах на основі гетеропереходів n -ito(zno)/ n -cds(n -zns, znse)/ p -czts.

Автори: студ. **Данильченко П.С.**,
асп. Доброжан О.А.,
проф. Опанасюк А.С.

2. Розробка фотоелектричної системи енергозабезпечення навчального корпусу Н університету СумДУ.

Автори: студ. **Хуртасенко Д.С.**,
студ. Гузенко О.І.,
ст. наук. співр. Курбатов Д.І.,
проф. Опанасюк А.С.

3. Дослідження криптостійкості шифрування даних з використанням стандарту «IDEA».

Автор – студ. Демчик С.Л.

4. Автоматическая система обнаружения и защиты от неполнофазных режимов в узлах с комплексной нагрузкой.

Автор – студ. **Фархадова А.Ш.**
Руководитель – доц. Фархадов З.И.

5. Застосування перетворювачів квазірівноважних кодів.

Автори: студ. **Захарченко В.Ю.**,
інж. Скордіна О.М.

6. Оценка количества уровней декомпозиции при wavelet кодировании изображений.

Авторы:– студ. **Гайчук Б.С.**,
студ. Иванов Д.В.
Руководитель – доц. Ошаровская Е.В.

7. Система вимірювання часу з підвищеною завадостійкістю та з захистом інформації.

Автори: проф. Борисенко О.А.,
асп. **Мальченков С.М.**,
студ. Кононов О.К.,
студ. Гермес М.О.,
студ. Мірошниченко С.А.

8. Автоматизований пристрій для нанесення плівок напівпровідникових сполук у безкисневій атмосфері.

Автори: студ. **Рибальський Я.І.**,
асп. Чалюк Р.Ю.,
асп. Д'яченко О.В.,
доц. Опанасюк Н.М.

9. Технології передачі даних по бездротових сенсорних мережах.

Автори: студ. **Зінченко І.С.**,
доц. Кулик І.А.

10. Порівняння маршрутизації і мережевого кодування в групових повідомленнях.

Автор – студ. Колесніков Р. Є.

11. Контролер репітера УКВ радіостанцій.

Автори: доц. Гриненко В.В.,
студ. **Дунь А.А.**

12. Автоматична телефонна TDM-станція.

Автори: доц. Гриненко В.В.,
студ. **Ємельяненко Д.О.**

13. Дослідження роботи базових елементів пам'яті на основі ПЛІС.

Автори: студ. **Рева К.О.**,
доц. Степенко С.А.

14. Дослідження роботи реєстрів у пакеті Quartus II.

Автори: студ. **Ребенок Ю.В.**,
доц. Степенко С.А.

15. Методи реалізації цифрових лічильників у пакеті Quartus II.

Автори: студ. **Бодяк Н.О.**,
доц. Степенко С.А.

16. Аналіз методів забезпечення надійності та високої швидкості передачі даних по енергомережах.

Автор – студ. **Любко А.В.**
Керівник – доц. Кулик І.А.

17. Автоматизований комплекс для нанометричних досліджень.

Автори: доц. **Бондаренко М.О.**,
доц. Бондаренко Ю.Ю.

18. Синтез сполучень з повтореннями на основі багатозначних біноміальних систем числення.

Автори: проф. Борисенко О.А.,
ст. викл. Протасова Т.А.,
студ. **Посна Е.М.**

19. Системи нормалізації зображень.

Автори: студ. **Самілик Д.В.**,
доц. Лопатченко Б.К.

20. Електронна система контролю технологічного процесу.

Автори: студ. **Толстопятих А.І.**,
доц. Лопатченко Б.К.

21. Адаптація технології тривимірного друку для виготовлення доріжок електронних плат.

Автори: студ. **Кононов О.К.**,
асп. Знаменщиков Я.В.,
проф. Опанасюк А.С.

22. Регулятор частоты вращения асинхронного электродвигателя на базе АИН.

Автори: студ. **Кочубей А.В.**,
доц. Новгородцев А.И.

23. Оценка фазового состояния динамических систем.

Автори: студ. **Посна Э.Н.**,
доц. Новгородцев А.И.

24. Разработка программного обеспечения поддержки выбора микроконтроллеров для систем автоматизации.

Автори: студ. **Сорокин Д.С.**,
студ. Калоев М.А.,
Руководитель – ст. преп. Романов А.Ю.

25. Блок питания с программной установкой порогов выходного напряжения.

Автори: студ. **Барановский А.А.**,
доц. Новгородцев А.И.

26. Формувач багатозначних біноміальних чисел.

Автори: студ. **Литвиненко І.Ю.**,
асп. Тарасенко А.І.,
ст. викл. Протасова Т.А.

27. Оценка фазового состояния динамических систем.

Автори: доц. Бережная О.В.,
ген. дир. Арбузов В.В.,
студ. **Безгинский В.В.**,
студ. Смолянинова Ю.Ю.

СЕКЦІЯ № 6 «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

Голова секції – канд. техн. наук, доц. Лебединський І.Л.

Секретар секції – асист. Дяговченко І.М.

Початок: 21 квітня 2016 р., ауд. М 304, 15⁰⁰

1. Исследования по применению пленочного диэлектрика в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов.

Автори: **Гулько В.И.,**
Дмитришин А.Я.,
Топоров С.О.

2. Вплив підвищеної температури на експлуатаційні властивості просочуючої рідини плівкових діелектричних систем високовольтних електротехнічних пристроїв.

Автор – ст. наук. співроб. Малюшевська А.П.

3. Research of frequency generator for vibroacoustic therapy device.

Authors: Assoc. Prof. Bazilo C.V.,
Stud. Medianyk V.V.

4. Робота індукційного лічильника електроенергії при відхиленні від робочого вертикального положення.

Автори: асист. Дяговченко І.М.,
студ. **Гаврилюк В.С.**

5. Активно-адаптивні енергомережі.

Автор – студ. Сотник О.А.

6. Синтез регулятора струму розосередженого джерела за внутрішньою моделлю об'єкту управління.

Автори: студ. **Кахерський С.І.**,
студ. Єрмоленко А.С.,
студ. Огій О.О.,
доц. Петровський М.В.

7. Розрахунки аварійних режимів в кабельних мережах 6 кВ.

Автори: студ. **Білоковаленко С.А.**,
студ. Старшиков Р.С.,
ст. викл. Лебедка С.М.

8. Вплив статичного синхронного компенсатора реактивної потужності на роботу дистанційного захисту.

Автори: студ. **Ігнатова О.І.**,
студ. Іванов С.О.
Керівник – асп. Іванов О.О.

9. Моделювання впливу роботи електричних двигунів на якість електричної енергії.

Автори: студ. **Клочко О.О.**,
асп. Макуха Д.М.

10. Спосіб поновлення осердя фазного ротора машини змінного струму та осердя якоря машини постійного струму.

Автори: доц. Василега П.О.,
студ. Стеблянко С.Е.,
студ. Толстов П.Ю.,
студ. Чернявський І.А.

11. Исследование основных характеристик гетероструктурных каскадных фотоэлектрических преобразователей.

Автор – студ. Натарова Ю.В.

12. Імпланти в якості електронагрівачів.

Автори: доц. Гончаров В.В.,
учень **Катруха А.В.**

13. Розробка енергозберігаючої інтелектуальної системи контролю електроопалення приміщень.

Автори: доц. Толбатов В.А.,
доц. Толбатов А.В.,
доц. Толбатов С.В.,
доц. Агаджанова С.В.,
доц. Смоляров Г.А.

СЕКЦІЯ 1

**«Теоретична та
експериментальна фізика»**

Оцінка електростатичної складової у міжклітинній адгезії в середовищах з різною концентрацією 1:1 електроліту

Баранник М.О., викладач

Національний фармацевтичний університет, м. Харків

Метою даної роботи є оцінка ролі електростатичної складової у міжклітинній взаємодії еритроцитів людини та лактобактерій *S. thermophilus* в середовищах з різною концентрацією 1:1 електроліту на першому оборотному етапі адгезії.

Поверхневий потенціал еритроцитів був розрахований за рівнянням Грема. Дебаївський радіус (κ) у водних розчинах NaCl був розрахований за наступною формулою:

$$\frac{1}{\kappa} = \frac{(\epsilon \epsilon_0 kT)^{\frac{1}{2}}}{\left\{ (\rho_{Na} e^2 z_{Na}^2 + \rho_{Cl} e^2 z_{Cl}^2) \times N_A \times 10^3 \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

де ρ_i – щільність іонів; z_i – заряд i -ого іону; e – величина елементарного заряду; N_A – число Авогадро, ϵ_0 – діелектрична проникність вакууму, ϵ – відносна діелектрична проникність середовища, k – стала Больцмана, T – абсолютна температура.

Таблиця 1 – Поверхневі потенціали еритроцитів та дебаївські радіуси в розчинах з різною концентрацією NaCl.

Концентрація NaCl, М	Поверхневий потенціал, мВ	Дебаївський радіус при 37 °С, нм
0,15	– 14,7	0,81
0,1	– 18,4	0,99
0,05	– 25,4	1,40
0,025	– 34,4	1,98

Теоретичні розрахунки показали, що поверхневий потенціал еритроцитів є найбільшим в розчині з найвищою концентрацією NaCl, і зменшується зі зменшенням концентрації хлориду натрію в розчині тоді як дебаївський радіус, навпаки, збільшується зі зниженням концентрації електроліту.

Керівник: Гордієнко О.І., професор, завідувач відділу
низькотемпературного консервування ІПКіК НАН України.

Влияние условий закалки на кинетику формирования доменной структуры сегнетоэлектриков при фазовых переходах первого рода

Мазур О.Ю., аспирант; Стефанович Л.И., д-р. физ.-матем. наук
ИФГП НАН Украины, г. Днепропетровск

Особые физические свойства доменной структуры сегнетоэлектриков обусловили активное применение их в сфере создания интегральных устройств, ячеек памяти и другой техники. Фундаментальное понимание процесса разбиения сегнетоэлектрического кристалла на домены позволяет решать разного рода прикладные задачи.

Известно, что при быстром охлаждении сегнетоэлектрических кристаллов формируется доменная структура. Термодинамика этого процесса изучена достаточно детально, а кинетика релаксации образца из неравновесного состояния к равновесному остается до конца невыясненной. Данная работа посвящена исследованию влияния начальных условий на кинетику упорядочения сегнетоэлектриков типа порядок-беспорядок при фазовом переходе первого рода.

В рамках модели Гинзбурга-Ландау на примере кристаллов нитрита натрия была рассмотрена кинетика формирования и роста 180° доменов в слабом квазистационарном внешнем электрическом поле. Проанализировано влияние температуры закалки и размера критического зародыша на процесс упорядочения. Оказалось, что в зависимости от предыстории образца могут сформироваться устойчивые полидоменные и однодоменные состояния. Под воздействием поля и температуры закалки более выгодным для системы является образование монодоменных структур. Показано, что в узком интервале значений управляющих параметров (электрическое поле и температура закалки) возможно появление кинетически заторможенных полидоменных состояний или «виртуальных фаз», для которых характерна асимметрия объемной доли доменов с поляризацией по полю и против поля.

Установлено, что характер эволюции системы существенным образом зависит от начальных условий закалки, что позволяет управлять формированием доменной структуры с помощью термических и полевых воздействий.

Дрейф однодоменных наночастиц, индуцируемый силой Магнуса

Павлюк М.А., студент; Лютый Т.В., докторант;
Денисов С.И., профессор
Сумский государственный университет, г. Сумы

Эффект Магнуса состоит в отклонении траектории вращающегося тела, движущегося в вязкой среде, от траектории невращающегося тела. Наиболее известным проявлением этого эффекта является изменение траектории вращающегося мяча (футбольного, теннисного или баскетбольного). Однако основная его ценность – в технических применениях (например, в особых двигателях для морских судов и летательных аппаратов) и в широком использовании в теоретических моделях (например, сверхпроводников и сверхтекучих жидкостей).

В данной работе численно изучается вынужденная динамика ферромагнитной наночастицы сферической формы в вязкой жидкости. Предполагается, что на частицу действует периодическая внешняя сила, вызывающая ее трансляционные колебания вдоль оси x , и периодическое магнитное поле, вызывающее ее колебательное вращение в плоскости xu . Как результат такого движения, на частицу будет действовать и сила Магнуса. В случае, когда число Рейнольдса мало, а направление магнитного поля в плоскости xu описывается углом $\psi = \psi(\tau)$ (τ – безразмерное время), угол вращения частицы χ и ее мгновенная скорость \mathbf{v} находятся из системы уравнений

$$\frac{d}{d\tau}\chi + \alpha \sin \chi = -\frac{d}{d\tau}\psi, \quad \mathbf{v} = v_0 \frac{\mathbf{e}_x - \beta \sin \chi \mathbf{e}_y}{1 + \beta^2 \sin^2 \chi} \sin(2\pi\tau), \quad (1)$$

где α и β – безразмерные параметры задачи, v_0 – характерная скорость частицы, а \mathbf{e}_x и \mathbf{e}_y – орты вдоль соответствующих осей координат. Уравнения (1) решены численно в частном случае, когда

$$\psi = \psi(0) \left(1 - \frac{2}{\pi} \arccos[\cos(2\pi\tau)] \right), \quad (2)$$

и рассчитана средняя скорость наночастицы $\langle \mathbf{v} \rangle = \lim_{n \rightarrow \infty} \int_n^{n+1} \mathbf{v} d\tau$. Установлено, что вдоль оси x частица совершает лишь колебательное движение ($\langle v_x \rangle = 0$), а вдоль оси y – дрейфовое движение ($\langle v_y \rangle \neq 0$), индуцируемое силой Магнуса. Проведен комплексный анализ зависимости скорости дрейфа $\langle v_y \rangle$ от параметров задачи.

Дислокаційна люмінесценція кристалів кремнію

Сватюк Д.Р., студент

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Немає досконалих та ефективних джерел світла, які сумісні з Si-технологією (Si-світлодіоди, лазери з $\lambda = 1,1-1,6$ мкм). Існує декілька технологій виготовлення кремнієвих світлодіодів (СД) для оптоелектроніки: СД з дислокаційною люмінесценцією (ДЛ), СД на пористому кремнії, СД на основі полікристалічного кремнію та на основі монокристалічного з різного типу домішками (O_2 , Er, Eu). Перспективним типом Si світло діодів (СД) вважаються СД з дислокаційною люмінесценцією. Ця технологія базується на структурах з лінійними дефектами, в яких спостерігається випромінювання при $\lambda \sim 1,1-1,6$ мкм. Такий вид випромінювання досі не знайшов практичного застосування, оскільки не вдалося знайти ефективні способи пониження без випромінювальної рекомбінації у СД з ДЛ, та мало місце значне температурне гасіння ДЛ.

Основною проблемою СД з ДЛ є реалізація електролюмінесценції ($\eta > 0,1\%$) при КТ та питання деградації властивостей оптично активних шарів. У СД з ДЛ вже досягнутий $\eta = 0,1\%$ та швидкодія на рівні 2 мкс і $\lambda = 1,44$ мкм [1]. Розвиток гетерування центрів безвипромінювальної рекомбінації дозволяють виготовити СД із зовнішньою квантовою ефективністю електролюмінесценції 0,1% при КТ. В спектрі ДЛ Si-структур є 4 основні лінії з максимумами при 0,81, 0,87, 0,93 і 0,99 еВ, відповідно[2].

Метою є дослідження процесів електролюмінесценції кристалів p-Si з різною концентрацією дислокацій і домішок та вивчення можливості виготовлення високоефективних СД на їх основі.

Методика підготовки досліду. включає три експериментальні зразки. Пластини Si вирізались з монокристалічного блоку p-типу марки КДБ10. Розмір кожного з них $= 3 \times 4 \times 7,5$ мм. Такі розміри кристалів були зумовлені конструкційними особливостями дослідних установок. Після вирізання дослідні зразки шліфувалися абразивними порошками з розмірами зерна 14-5 мкм. По закінченню шліфовки проводилось хімічне полірування зразків у 5% розчина NaOH. Кристал № 1 — вихідний, не піддавався жодній попередній обробці;

кристал № 2 – пластично деформований з підвищеною концентрацією дислокацій до $5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$; кристал №3 – відпалений в атмосфері кисню при $T = 1000^\circ\text{C}$. Після хімічних обробок та дослідження дефектного стану поверхні (111) (за допомогою оптичного мікроскопа «Люам-ІЗ» та електронного мікроскопу) на кристали у вигляді сітки (додаток 1) у вакуумному універсальному пості ВУП5М з тиском залишкових газів $P \sim 1,3 \cdot 10^{-3}$ Па напилювали плівки Al, які виступали в ролі омичних електричних контактів. По закінченню експерименту кристал № 2 піддався термічному відпалу у атмосфері O_2 , а кристал № 3 пластично деформувався. Перед наступними обробками омичні контакти стравлювались у нітратній кислоті.

Спектр дислокаційної люмінесценції вивчали за допомогою модернізованого спектрометра (додаток 2) СФ-20. Зразки розміщувалися у вакуумному ($P \sim 5 \cdot 10^{-6}$) кріостаті при двох температурних режимах: при температурі зрідженого азоту (-183°C) та при кімнатній. Збудження проводилось імпульсним електричним струмом величиною 100 мА та частотою 1 Гц.

Експериментальні результати: отримано спектральні залежності інтенсивності ДЛ від довжини хвилі. З аналізу цих залежностей для кристалу №1 видно, що як і при кімнатній, так і при температурі зрідженого азоту в люмінесценції можна чітко виділити 2 максимуми інтенсивності в околі $\lambda = 1,14 \text{ мкм}$ і $\lambda = 1,44 \text{ мкм}$. Однак при температурі зрідженого азоту інтенсивність люмінесценції є вищою, ніж при кімнатній температурі. Виявлено, що взаємні обробки зразків № 2, 3 пластичною деформацією та відпалом у атмосфері кисню спричинили збільшення інтенсивності люмінесценції ліній D2 та D4 у 1,5-2 рази. Допускаємо, що лінія люмінесценції D4(1,07 eV) зумовлена екситонною рекомбінацією, а лінія D2(0,87 eV) переходами електронів з донорних рівнів, утворених киснем у забороненій зоні, на акцепторні рівні, утворених дислокаціями.

Керівник: Павлик Б.В., *професор ЛНУ ім. І. Франка.*

1. Н.А. Дроздов, А.А. Патрин, В.Д. Ткачев, *Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики* **23**, 651 (1976).
2. Н.Ф. Соболев, *ФТП*, **44** № 1, 3 (2010).

Фотопровідність твердих розчинів заміщення $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ ($0,4 < x < 0,9$)

Кашуба А.І., *аспірант*; Бовгира О.В., *доцент*;
Франів А.В., *професор*

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

Тверді розчини заміщення (ТРЗ) характеризуються неперервною зміною параметрів ґратки при відсутності структурних фазових переходів. Крім того, якщо в ТРЗ з аніонним заміщенням вузлів ґратки (наприклад, $\text{InI}_x\text{Br}_{1-x}$ та $\text{TlI}_x\text{Br}_{1-x}$) ширина забороненої зони $E_g(x)$ змінюється в діапазоні 0,05-0,1 еВ, то для новосинтезованих ТРЗ $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ передбачалося, що ця область повинна бути на порядок більшою. Зокрема положення краю фундаментального поглинання змінюється від $E_g = 2,01$ еВ для чистого бінарного InI до $E_g = 2,9$ еВ для TlI [1]. У зв'язку з цим дослідження оптичних властивостей поблизу фундаментального краю поглинання ТРЗ $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ з метою встановлення природи фізичних механізмів за участю екситонних резонансів не позбавлені актуальності.

Спектри фотопровідності (ФП) $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ досліджувались при різних вмістах компоненти TlI при кімнатній температурі $T = 293$ К ($x = 0,5$), та за температури рідкого азоту $T = 78$ К ($x = 0,9; 0,8; 0,5$ та $0,4$). Дослідження проводились в площині шару вздовж **a** та **c** – напрямків, так і перпендикулярно шарам (**b** – напрямком).

Для з'ясування механізму ФП монокристалів $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ в області краю власного поглинання було використано той факт, що, як показано в [2], для тонких шарів фотопровідників форма спектральної залежності фотоструму добре узгоджується із спектром оптичного поглинання, а для товстих шарів у максимумі поглинання на спектральній залежності фоточутливості існує провал.

Встановлено, що для ТРЗ $\text{In}_x\text{Tl}_{1-x}\text{I}$ переважаючим типом провідності є *p*-тип, та з проявленням анізотропії ширини забороненої зони в різних кристалографічних напрямках.

Збільшення вмісту In компоненти, приводить до зсуву забороненої зони в сторону менших енергій, та спостерігаються два максимуми у спектрах ФП, які пов'язані із прямими та непрямыми переходами.

1. Ohno N., Fuita M., et al. *J. Phys. Soc. Jpn.* **55**, 3659 (1986).
2. Блонський І. В., Лунь Ю. О., та ін., *УФЖ* **37**, 547 (1992).

Электронно-управляемые контроллеры поляризации для кольцевых волоконных лазеров

Гнатенко А.С., аспирант; Ибадуллина А.М., студент
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков,

Существует большое количество схем фемтосекундных кольцевых волоконных лазеров с пассивной синхронизацией мод. В наиболее эффективных схемах (получение самых коротких импульсов генерации лазера) таких лазеров в качестве контроллеров поляризации используют волновые пластины (метод нелинейной эволюции поляризации мод). Но такие схемы также имеют существенный недостаток: стабильность работы лазера, включение и выключение лазера, температурный дрейф накачки, ведет к рассинхронизации мод и срыву генерации сверхкоротких импульсов. Поэтому, эти лазеры требуют постоянной настройки волновых пластин, путем вращения их в пространстве вручную, этот процесс чаще всего трудоемкий и частый, также можно использовать высокоточные вращающиеся системы на шаговых двигателях, но это ведет к существенному удорожанию лазера.

Основной задачей данной работы является исследование жидкокристаллических (ЖК) ячеек в качестве контроллеров поляризации, которые управляются с помощью генератора импульсов (меандра) с частотой 1 кГц с изменением амплитуды сигнала от 0 до 10 В, такие контроллеры лишены недостатков волновых пластин.

В работе были исследованы характеристики быстродействия ЖК ячейки при работе с лазерным излучением на длине волны 1,55 мкм. Результатом исследований было получение времени задержки сигнала, так называемое время нарастания и спада сигнала при подаче его на ЖК ячейку, результатом являются времена порядка 5 нс, но и это не предел. Также были получены характеристики зависимости мощности излучения от угла поворота волновой пластины и от напряжения, поданного на ЖК ячейку.

Таким образом, ЖК ячейки вполне возможно использовать в качестве контроллеров поляризации в кольцевых волоконных лазерах с генерацией ультракоротких импульсов, ввиду быстродействия и возможности вращения поляризации излучения.

Определение структуры и химического состава корродированных старинных монет с помощью лазерного микроанализа, рентгеноспектрального и дифракционного анализаЕрмалицкая К.Ф., *доцент*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Объектом исследования являлись полугроши Владислава II, выпущенные с 1394 по 1406 г., из Гниваньского клада (г. Гнивань, Винницкая область, Украина), часть из которых имела массу в 1,5-2 раза ниже, чем должно быть; при ударе о твердую поверхность «легких» монет слышался не металлический, а «картонный» звук. На первом этапе был проведен лазерный микроанализ образцов – лазерные импульсы (длительность – 15 нс, энергия – 50 мДж) испаряли материал монеты (диаметр кратера на поверхности – 50 мкм, толщина испаряемого слоя – 3 мкм) и возбуждали эмиссионные спектры всех элементов. Было обнаружено, что в полугроши Владислава II состоят из серебра – 92,82 % и меди – 7,18 %, однако в спектрах «легких» монет имеются провалы – точки, в которых одновременно значительно падает интенсивность спектральных линий серебра и меди. Это может быть вызвано наличием микрополостей, которые и приводят к снижению массы, повышению хрупкости монет, и появлению «картонного» звука.

Для проверки гипотезы о наличие полостей в «легких» монетах была сделана микрофотография торцов монет и проведен их рентгеноспектральный анализ. Была выявлена «слоистая» структура – чередование областей белого (Ag), серого (Cu), темно-серого (CuO) и черного цвета (микрополости, размером 5-8 мкм). Дифракционный анализ в комплексе с рентгеноспектральным позволяет определить не только элементный состав, но структуру сплавов корродированных монет, а также точно измерить размер микрополостей в объеме образца. Однако использование данных двух методов предполагает полную деструкцию образца, и может проводиться только на фрагментах не представляющих исторической и нумизматической ценности.

Таким образом, для определения элементного состава старинных монет, а также для выявления наличия микрополостей в объеме образца предпочтительно использовать лазерный атомно-эмиссионный микроанализ, который может быть отнесен к малодеструктивным методам.

Спонтанный ориентационный фазовый переход в кубическом ферритмагнетике

Ниязов Л.Н., *старший преподаватель*; Норова Д., *студент*
Бухарский инженерно-технологический институт, г. Бухара,
Узбекистан

В последнее время интерес к исследованиям магнитных фазовых переходов типа порядок – порядок стимулируется перспективой создания на основе редкоземельных ферритов-гранатов (РЗФГ) материалов для элементной базы приборов спиновой электроники нового поколения. Известно, что при понижении температуры от комнатной до некоторой $T = T_n$ в РЗФГ системы $Tb_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ происходит переориентация легкой оси намагничивания от кристаллографических направлений типа $\langle 111 \rangle$ к направлениям типа $\langle 100 \rangle$ [2,3]. В связи с этим были выполнены визуальные наблюдения эволюции доменной структуры (ДС) граната $Tb_{0,26}Y_{2,74}Fe_5O_{12}$ в температурной области его спиновой переориентации.

Как показали прямые визуальные наблюдения, ДС исследованного образца заметно эволюционировала в области низких температур. При охлаждении от $T = 290$ К ДС практически не изменялась вплоть до $T \approx 132$ К; ниже этой температуры в некоторой области образца на месте доменов высокотемпературной фазы с ориентацией вектора спонтанного магнитного момента \mathbf{M} вдоль направления оси $\langle 111 \rangle$ скачком возникали домены низкотемпературной магнитной фазы с ориентацией вектора \mathbf{M} вдоль оси $\langle 100 \rangle$, которые по мере понижения температуры плавно «прорастали» на всю площадь образца.

Проведенные исследования показали, что эволюция ДС в процессе спонтанной спиновой переориентации происходит с температурным гистерезисом, связанным с пинингом ДГ на дефектах кристаллической решетки, не учитываемым в теории ОФП, развитой в [1, 2].

1. К.П. Белов, А.К. Звездин, Р.З. Левитин, А.С. Маркосян, Б.В. Милль, А.А. Мухин, А.П. Перов. *ЖЭТФ* **68** № 3, 1189 (1975).
2. В.А. Бородин, В.Д. Дорошев, В.А. Клочан, Н.М. Ковтун, Р.З. Левитин, А.С. Маркосян. *ЖЭТФ* **70** № 4, 1363 (1976).

Исследование модулированной фазы гематита содержащей диамагнитные примеси

Ниязов Л.Н., *старший преподаватель*; Норова Д., *студент*
Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

Примечательной особенностью процесса технического намагничивания допированного галлием кристалла гематита ($\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Ga}$), является возникновение в некотором интервале внешнего магнитного поля H длиннопериодической пространственной модуляции параметра магнитного порядка этого легкоплоскостного слабого ферромагнетика [1]. Предполагалось, что реализующаяся в этом слабом ферромагнетике модулированная магнитная структура имеет вид статичной спиновой волны, линейно поляризованной в легкой плоскости, в которой азимут вектора антиферромагнетизма \mathbf{l} осциллирует около направления оси C_2 , перпендикулярной направлению приложенного магнитного поля.

Исследования МЛД были выполнены при комнатной температуре на длине волны $\lambda \approx 1.15 \mu\text{m}$ излучения He-Ne лазера в постоянном магнитном поле напряженностью $H \leq 50 \text{ Oe}$ (во всех экспериментах вектор \mathbf{H} лежал в плоскости (111) кристалла) при нормальном падении света на плоскость образца. Величина МЛД определялась при помощи фазового компенсатора (пластинки $\lambda/4$) по традиционной методике, использующей модуляцию азимута плоскости поляризации падающего на фотоприемник света [2]. Чувствительность экспериментальной установки по углу Φ составляла $\sim 0,001^\circ$, относительная ошибка измерений $\sim 5\%$.

Из анализа полученных экспериментальных результатов следует, что процесс технического намагничивания неоднородной магнитной фазы исследованного кристалла осуществляется путем скачкообразного поворота вектора \mathbf{l} к оси $C_2 \perp \mathbf{H}$.

1. С.Р. Бойдедаев, Д.Р. Джураев, Л.Н. Ниязов, Б.Ю. Соколов, *УзФЖ*. **3-4**, 188 (2013).
2. М.М. Червинский, С.Ф. Глаголев, В.Б. Архангельский, *Методы и средства измерений магнитных характеристик пленок*. (Ленинград: Энергоатомиздат: 1990).

Дисипативні процеси в полімерних нанокompозитах

Колупасєв Б.С., професор

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Розглянуті елементи термодинаміки гетерогенних систем на основі гнучколанцюгових полімерів, в яких можуть існувати лише флуктуаційні структурні елементи з кінцевим часом життя τ_i . Враховано, що кожний метастабільний стан системи протягом $t < \tau_i$ є квазірівноважним і характеризується роботою дисипації A_d . Розглянута кількісна сторона процесів дисипації, як перетворення різних форм руху матерії, які супроводжуються відповідною тепловою Q_d та виконанням умови $|\delta A_d| = |\delta Q_d|$.

Зокрема, встановлено кількісний взаємозв'язок між в'язкопружними та теплофізичними властивостями композитів на основі гнучколанцюгових ПС, ПВХ, ПММА, ПВБ. Так, показано, що:

$$C_p = \frac{\beta}{\rho} \left[\frac{1}{2} \left(\sigma' - \frac{1}{4} \sigma'' \right) - p \right], \quad (1)$$

а тангенс кута механічних втрат визначається як:

$$tg \delta = \frac{1-2\mu}{6(1+\mu)}, \quad (2)$$

де σ' , σ'' – дійсна та уявна частина модуля зсуву, відповідно; p – внутрішній тиск; β – термічний коефіцієнт об'ємного розширення; ρ – густина матеріалу; μ – коефіцієнт Пуассона.

Проведені розрахунки величин C_p ($C_p = 1,08 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹), $tg \delta$ ($tg \delta = 4,8 \cdot 10^{-2}$) для систем ПВХ+NiCr (вміст $2,0 \cdot 10^{-2}$ об.%) добре узгоджуються з результатами експерименту.

Досліджені також електрофізичні та дифузійні явища в композитах. Показано, що при перенесенні електричного заряду, маси речовини, енергії, імпульсу кількісною мірою перетворення різних видів руху матерії в термічну форму слугує величина δQ_d . Відповідно, на основі понять термокінетики, введено та проаналізовано критерії необоротності процесу. Вказані шляхи практичного використання результатів.

Термодинамічні властивості насиченого твердого розчину суперіонної сполуки Ag_2ZnI_4 системи Ag-Zn-Se-I

Мороз М.В.¹, доцент; Прохоренко М.В.², доцент;
Рудик Б.П.¹, завідувач лабораторією; Нечипорук Б.Д.³, доцент;
Соляк Л.В.¹, асистент

¹ Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне

² Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

³ Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Температурна залежність електропровідності Ag_2ZnI_4 [1] свідчить про перехід сполуки в суперіонний стан при $T=416$ К, що співпадає з температурою фазового переходу $\alpha \rightarrow \beta\text{-AgI}$ і є наслідком часткового розпаду потрійної фази за схемою $\text{Ag}_2\text{ZnI}_4 \rightarrow \text{AgI} + \text{ZnI}_2$. Дванадцятикратне збільшення іонної провідності при 483 К є результатом повного розпаду потрійної фази. Восьмикратний ріст електропровідності при 542 К обумовлений формуванням високотемпературної модифікації $\alpha\text{-Ag}_2\text{ZnI}_4$ [2, 3]. В повідомленні наводяться результати розрахунку значень термодинамічних функцій насиченого твердого розчину сполуки Ag_2ZnI_4 в фазовій області $\text{Ag}_2\text{ZnI}_4\text{-ZnI}_2\text{-Se-ZnSe}$ системи Ag-Zn-Se-I в інтервалі температур 365-460 К з використанням методу ЕРС [4]. Отримано наступні значення – ΔG_{298} (кДж/моль), – ΔH_{298} (кДж/моль), $\Delta_r S_{298}$ (Дж/моль·К): 250.0 ± 2.8 , 14.3 ± 1.6 , 790.9 ± 7.8 , температурний інтервал 365-400 К; 287.6 ± 6.3 , 162.4 ± 5.1 , 420.3 ± 12.4 , температурний інтервал 400-417 К; 306.4 ± 5.5 , 231.5 ± 4.6 , 251.4 ± 10.2 , температурний інтервалі 438-458 К відповідно.

1. J.W. Brightwell, C.N. Buckley, G. Foxton, *J. Mater. Sci. Let.* **1**, 429 (1982).
2. R. Blachnik, U. Stoter, *Thermochim. Acta.* **145**, 93 (1989).
3. S. Hull, D.A. Keen, P. Berastegui, *J. Phys. Condens. Mat.* **14**, 13579 (2002).
4. M.V. Moroz, M.V. Prokhorenko, B.P. Rudyk, *Russ. J. Electrochem.* **50**, 1177 (2014).

Влияние продуктов диспергирования на электрические и энергетические характеристики искрового разряда

Листовский Д.И., аспирант

Институт импульсных процессов и технологий, г. Николаев

Представлены результаты экспериментальных исследований отличий и общих закономерностей в электрических характеристиках разрядов на модели объемного электроискрового диспергирования при наличии либо отсутствии в жидкости синтезированных порошковых материалов.

Сравнение осциллограмм стабильного электроискрового разряда между гранулами в чистой воде и воде, содержащей порошковые продукты электроэрозионного диспергирования, для одинаковых зарядных напряжений показало, что:

– амплитуды разрядных токов для разрядов в чистой воде ($I_{м.ч}$) несколько ниже соответствующих амплитуд для разрядов в воде с содержанием продуктов диспергирования ($I_{м.п}$) (рис. 1а);

– отношение выделившейся в межэлектродном промежутке энергии (W_{τ}) к запасенной ($W_{отн} = W_{\tau}/W_0$) с увеличением зарядного напряжения возрастает как для разрядов в чистой воде ($W_{отн.ч}$), так и для разрядов в воде с содержанием порошковых продуктов ($W_{отн.п}$) (рис. 1б).

$$W_{\tau} = \int_0^{\tau} U(t)I(t)dt,, \quad (1)$$

где τ – момент времени, соответствующий пересечению кривой тока нулевого значения на осциллограмме, с.

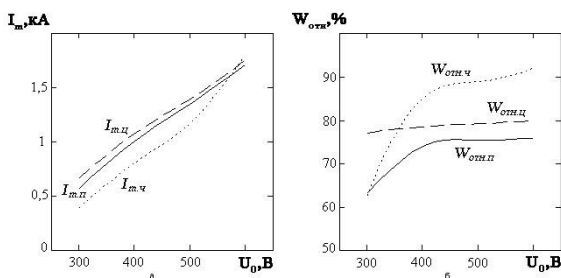


Рисунок 1 – Электрические (а) и энергетические (б) характеристики разрядов в двумерном слое металлических гранул.

Морфологічна гетерогенність полімерних композитних матеріалівЛяшук Т.Г., *викладач*

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Розглядається питання починаючи від впливу структурної морфології полімерних матеріалів на комплекс їх властивостей. Зокрема, з використанням термодинаміки нерівноважних систем проаналізовано дію молекулярно – масового розподілу гнучколанцюгових полімерів на їх флукуаційну структуру. Враховуючи, що в промисловості та різних галузях народного господарства широко використовуються гетерогенні полімерні системи, досліджені полімерні матеріали, які містять в якості наповнювачів нанорозмірні порошки металів [1]. В першу чергу вивчено вплив топології частинок наповнювача починаючи від колоїдних систем та закінчуючи структурою у вигляді макрогратки при понадкритичних наповненнях ($\varphi \geq \varphi_{кр}$) системи.

Враховано, що одним із модифікаторів властивостей систем виступає межовий шар (МШ) на поверхні поділу фаз [2]. Отримані аналітичні співвідношення для визначення ефективних характеристик МШ і показано, що їх вміст, як і нанодисперсного наповнювача в цілому впливає на електро-, теплофізичні та динамічні властивості композиту. Як кінцевий результат розглянуто вплив морфологічних змін елементів структури на властивості матеріалу та шляхи його напрямленого регулювання. Так зокрема, при зміні нанодисперсної міді в межах $0,01 \leq \varphi \leq \varphi_{кр}$, ефективна товщина МШ систем ПВХ+Cu, отриманих в результаті електричного вибуху провідника, при $T = 303 \text{ K}$ змінюється від $3,68 \cdot 10^{-7}$ до $2,12 \cdot 10^{-7}$ (м); При $\varphi_{кр} \leq \varphi \leq 0,10$ досліджувана величина знаходиться в межах $(2,12 \cdot 10^{-7} \leq l \leq 1,75 \cdot 10^{-7})$ м, а величина ефективної відстані між частинками $(1,37 \cdot 10^{-6} \leq L \leq 6,24 \cdot 10^{-7})$ м. Обраховано величину роботи, яку необхідно затратити, щоб наблизити структурний елемент ПВХ на відстань d до активного центру наночастинки. Показано, що дана характеристика носить зростаючий характер по мірі збільшення концентрації нанодисперсного наповнювача і змінюється від $7,26 \cdot 10^{-6}$ до $7,00 \cdot 10^{-5}$ (еВ) при $T = 303 \text{ K}$. При цьому, розрахунок питомої електропровідності МШ σ систем ПВХ + Cu показує спадаючий характер при $0,01 \leq \varphi \leq \varphi_{кр}$, де досліджувана величина знаходиться в межах $(6,64 \cdot 10^{-16} \leq \sigma \leq 4,69 \cdot 10^{-16})$ См/м, в той час як при $\varphi \geq \varphi_{кр}$ залежність $\sigma = f(\varphi)$ носить зростаючий характер з максимумом для ПВХ + Cu (0,10 % об.) де $\sigma = 2,24 \cdot 10^{-15}$ См/м.

Показано, що морфологічна гетерогенність полімерних композитів залежить від типу полімерної матриці, фізико – хімічної поверхні наповнювача та його об'ємного вмісту.

Керівник: Колупаєв Б.С., *професор.*

- наноструктури, нанотехнології*
1. А.И. Гусев, *Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии* (М.: Физматлит, 2005).
 2. Б.С. Колупаєв, *Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем* / Под ред. С.Л. Френкеля (Л.: ЛГУ, 1980).

Про можливість застосування метаматеріалів при створенні елементної бази міліметрових довжин хвиль

Буряк І.А., аспірант; Журба В.О., доцент;
Воробйов Г.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Метаматеріали складають широкий клас композиційних структур, що мають властивості, які складно досягти технологічним шляхом і практично неможливо знайти в природних матеріалах. При правильному підборі лінійних розмірів і форми структур можна модифікувати діелектричну (ϵ) і магнітну (μ) проникності і таким чином керувати властивостями матеріалу.



Рисунок 1 – Класифікація фізичних матеріалів в залежності від значення діелектричної і магнітної проникності

Метаматеріали можна розділити на два великих класи [1]: до першого належать DNG і SNG-структури, до другого - EBG-структури (фотонні кристали).

Сфери застосування метаматеріалів у техніці надвисоких частот надзвичайно широкі: хвилеводи та резонатори, відгалуджувачі та

фазообертачі, дільники потужності, НВЧ фільтри, змішувачі тощо. У хвилеводах метаматеріали застосовуються для отримання функціональних структур з поперечними розмірами, меншими ніж дифракційна межа. В хвилеводах із застосуванням метаматеріалів поширюються моди з більшими значеннями хвильового числа, ніж у хвилеводах звичайного конструктивного виконання. Штучні композиційні структури також активно застосовуються в антенній техніці, наприклад, в підкладках мініатюризованих друкованих антен для зниження розмірів випромінювачів, збільшення ефективності випромінювання і смуги пропускання. За рахунок метаматеріалів в конструкції електрично малих антен досягаються звуження діаграми спрямованості і значення добротності, які перевищують фундаментальну межу добротності, яка залежить від геометричних розмірів антени. Метаматеріали використовуються і в конструкціях більш складних антен, зокрема, рупорних, з метою поліпшення узгодження рупора, підвищення ефективності і зниження рівня кросполяризаційного випромінювання [2].

Таким чином, питання дослідження електрофізичних характеристик метаматеріальних структур НВЧ діапазону частот хвиль на сьогоднішній день є актуальними і дозволяють знаходити нові шляхи створення елементної бази НВЧ з поліпшеними характеристиками.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми №0115U000690.

1. R.W. Ziolkowski, *Metamaterials: Physics and Engineering Explorations* (Ed. by N. Engheta) (IEEE Press: A John Wiley & Sons, Inc.: 2006).
2. В. Слюсар, *Метаматеріали в антенній техніці: історія і основні принципи* № 7, 70 (ЕЛЕКТРОНИКА НТБ: 2009).

Плівки твердих розчинів $Cd_xZn_{1-x}S$ для вікон сонячних елементів

Салогуб А.О., студент; Єрмоєнко Ю.С., аспірант;

Опанасюк А.С., професор

Сумський державний університет, м. Суми

Серед нових напівпровідникових матеріалів які будуть визначати майбутнє опто-, мікроелектроніки та геліоенергетики важливе місце займають тверді розчини сполук A_2B_6 , що утворені елементами другої (Cd, Zn та ін.) та шостої (O, S, Se, Te) груп періодичної системи елементів.

Полікристалічні плівки $Cd_xZn_{1-x}S$ розглядаються як перспективний віконний матеріал сонячних елементів на основі поглинаючих шарів CdTe спроможний замінити традиційний CdS. Шари твердого розчину мають більшу порівняно з CdS ширину забороненої зони та краще узгоджується з телуридом кадмію за періодом кристалічної ґратки та енергетичними параметрами.

Сьогодні існує багато методів отримання тонких плівок твердих розчинів, однак найбільш перспективним з них вважається метод пульсуючого спреї-піролізу, який дає змогу отримувати хімічно чисті плівки з керованим складом при низьких температурах у відсутності вакууму. Це і обумовило вибір методу для нанесення плівок $Cd_xZn_{1-x}S$.

За цією технологією, на очищені скляні підкладки, температура яких задавалася у діапазоні $T_s = (250-500) ^\circ C$, розпорошувався прекурсор що містив 1,25 М хлориду цинку, тетрагідрат нітрату кадмію та тіомочевину. Вони слугували джерелом Cd, Zn і S. У наслідок піролітичних реакцій на підкладці відбувалося подальше утворення плівок $Cd_xZn_{1-x}S$.

Оптичні дослідження тонких шарів проводилися на спектрофотометрі Shimadzu SolidSpec 3700 в діапазонах довжин хвиль: $\lambda = (300-800) \text{ нм}$. У результаті їх обробки були побудовані спектральні залежності коефіцієнтів пропускання $T(\lambda)$, відбиття $R(\lambda)$, поглинання $\alpha(\lambda)$, заломлення $n(\lambda)$, реальної $\varepsilon_1(\lambda)$ та уявної $\varepsilon_2(\lambda)$ частин оптичної діелектричної сталої зразків.

У результаті досліджень було встановлено, що завдяки високим значенням коефіцієнтів пропускання і заломлення в широкому діапазоні довжин хвиль та низькому рівню відбивання світла від поверхні, отримані плівки мають перспективу застосування в якості буферних шарів сонячних елементів з поглинальним шаром CdTe.

Применение многоуровневых систем для описания экстракции сверхкритическим диоксидом углерода комплексов урана в присутствии воды

Иванова С.Ф., кандидат технических наук
ННЦ "Харьковский физико-технический институт", г. Харьков

Показано, что с помощью двухуровневой системы можно описать растворение воды в сверхкритическом диоксиде углерода (СК-СО₂), где микрокапли воды совершают переходы между энергетическими уровнями 1 и 2. Схематический вид двухуровневой системы приведен на Рисунке 1 [1].

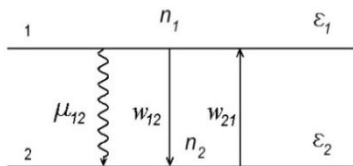


Рисунок 1 – Двухуровневая система с населенностями n_1 и n_2 . Волнистая стрелка - вероятность спонтанного перехода. Прямые стрелки – вероятность индуцированных переходов $w_{12} = w_{21}$.

Для описания растворения комплекса урана в СК-СО₂ может быть использована двойная двухуровневая модель, где на уровне 1 накапливаются растворенные в СК-СО₂ микрокапли чистой воды и микрокапли воды, содержащие комплекс уранилнитрат + трибутилфосфат. В работе показана применимость 2-х уровневых систем для описания растворимости воды и комплексов урана в сверхкритическом диоксиде углерода [2].

Для описания распределения комплексов изотопов уран - 235 и уран-238 в присутствии воды в подогреваемом снизу слое сверхкритического диоксида углерода предложено использовать тройную двухуровневую модель. Показано соответствие выводов модели экспериментальным результатам.

3. Б.В. Борц. и др., *Вестник ХНУ* № 1001, Вып. 2/54, 125 (2012).
- С.Ф. Иванова, *Фіз.-техн. механізми підвищення ефективності екстракції урану надкрити. діоксидом вуглецю.* – Автореф. дисер. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. (Харків: 20 с. 2013).

Класифікація метаматеріальних структур в техніці НВЧ

Шубніков В.С., аспірант, Петровський М.В., доцент,

Воробйов Г.С., професор

Сумський державний університет, м. Суми

В останні роки поява нових напрямків розвитку нанотехнологій, надає нові можливості для вдосконалення електродинамічних систем приладів терагерцового діапазону за рахунок бурхливого розвитку фізики та техніки композиційних матеріальних середовищ – метаматеріалів. Такі матеріали є штучними періодичними структурами, здатними до модифікації діелектричної і магнітної проникностей, що дозволяє керувати законами дисперсії, заломлення та відбиття електромагнітних хвиль, та робить актуальним теоретичне та експериментальне дослідження таких систем.

В роботі шляхом літературного огляду проведена класифікація існуючих багатовимірних періодичних структурах. Розглянуто теоретичне обґрунтування можливості існування матеріалів з від'ємними коефіцієнтами діелектричної ϵ і магнітної μ проникностей, найпростіші конструкції метаматеріалів, та основні підходи до створення нових модифікацій метаматеріалів з заданими характеристиками.

Запропонована класифікація метаматеріалів за такими ознаками: за знаком діелектричної ϵ і магнітної μ проникностей – подвійно позитивні ($\epsilon > 0$ і $\mu > 0$), електронегативні ($\epsilon < 0$), магнітонегативні ($\mu < 0$), подвійно негативні ($\epsilon < 0$ і $\mu < 0$); за характером зміни коефіцієнта заломлення – одновимірні метаматеріали, в яких коефіцієнт проникності періодично змінюється в одному просторовому напрямі, двовимірні і тривимірні; за способом виготовлення – метаматеріали виготовлені з елементів спеціальної форми із строгим розміщенням у просторі, літографічними методами, методами самочинного упорядкування частинок.

Завдяки специфічним властивостям метаматеріалів, вони можуть використовуватись для створення принципово нових типів резонаторів, ліній передачі, фільтрів частот, спрямованих відгалужувачів, антенних систем, пристроїв збереження інформації та у пристроях лазерної техніки.

Особенности электродинамических характеристик двухрядной периодической структуры на цепочке связанных щелевых резонаторов

Воробьев Г.С., *профессор*, Петровский М.В., *доцент*,
Шубников В.С., *аспирант*
Сумский государственный университет, г. Сумы

При реализации генераторов дифракционного излучения повышенных уровней мощности практический интерес представляют двухрядные отражательные дифракционные решетки (ДР), которые располагаются в параллельных плоскостях относительно вертикальной оси z открытого резонатора и образуют вдоль продольной оси движения электронного потока (или поверхностной волны диэлектрического волновода) цепочку связанных щелевых резонаторов. Пространственные характеристики исследуемой системы показывают, что основной лепесток диаграммы направленности (ДН) расположен в области углов излучения $\gamma \approx 90^\circ$, что коррелирует с ДН для однорядной системы, расположенной в плоскости по нормали относительно оси z . При этом такая система, как и двухрядная ДР из брусьев, обладает резонансными свойствами при смещении ее ламелей на величину Δd относительно продольной оси y : максимум интенсивности излучения находится в области $\Delta d/\lambda \approx \lambda/4$. Изменение условия резонансности излучения двухрядных отражательных ДР, по отношению к двухрядным решеткам из брусьев, от значений $\Delta d \approx \lambda/2$ до значений $\Delta d \approx \lambda/4$ следует из соотношений, которые характеризуют максимальные значения ДН излучения по толщине брусьев решеток (1) и резонансной глубины щелей отражательной ДР (2):

$$2h = N \frac{\lambda}{2} + \theta \frac{4}{\pi} \ln \sin \frac{\pi \theta'}{2}, \quad (N = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

$$2h = (2N + 1) \frac{\lambda}{4} + \theta \frac{2}{\pi} \ln \sin \frac{\pi \theta'}{2}, \quad (N = 0, 1, 2, \dots). \quad (2)$$

где λ - длина излучаемой волны, θ - ширина щелей, $\theta' = \theta/l$, l - период дифракционной решетки.

**До питання підвищення ефективності відбору енергії
від розподілених джерел типу діелектричний
хвильовід – дифракційна решітка**

Воробйов Г.С., *професор*; Рубан А.І., *доцент*;
Прокопчук О.В., *аспірант*
Сумський державний університет, м. Суми

Практичний інтерес, з точки зору підвищення відбору енергії від електронного потоку або діелектричного хвильоводу (ДХ) в приладах дифракційної електроніки, представляють більш складні дворядні дифракційні решітки (ДР), виконані в різних комбінаціях: відбивна - напівпрозора ДР, система дворядних відбивних ДР, дворядних металодіелектричних структур в поєднанні з відбивною ДР. Оскільки теорія таких випромінюючих систем до теперішнього часу не створена, то ключовим моментом у вивченні їх електродинамічних властивостей є принципи експериментального моделювання [1, 2].

У роботі представлені результати досліджень просторових і хвильоводних характеристик дворядної ДР, що утворена відбивною решіткою і решіткою з брусів прямокутного перерізу. З аналізу діаграм спрямованості випромінювання відбивної і дворядної ДР можна зробити висновок, що їх інтенсивність, порівняно з системою без додаткової решітки з брусів, зростає на 30-40%. Хвильоводні характеристики досліджуваної системи свідчать про більш ефективний відбір потужності поверхневої хвилі ДХ в порівнянні з однорядною системою. Це може бути використано як в приладах типу генератора дифракційного випромінювання, так і в системах фільтрації об'ємних хвиль, шляхом зміщення ламелей решіток, про що свідчать результати, отримані для решіток з металевих брусів.

- 1 Шестопапов В. П., *Дифракционная электроника* (Харьков: Изд-во ХГУ, 1976).
- 2 Шестопапов В. П., *Генераторы дифракционного излучения* (Киев: Наук. Думка: 1991).

Аналіз режимів збудження просторових гармонік дифракційно-черенковського випромінювання в середовищі з різною діелектричною проникністю

Рубан А.І., доцент; Прокопчук О.В., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Ефективним засобом розв'язання задач дифракційної електроніки є метод експериментального моделювання [1,2], при якому випромінювання електронної хвилі струму просторового заряду електронного потоку (ЕП) моделюється випромінюванням поверхневої хвилі планарного діелектричного хвилеводу (ДХ), розташованого поблизу дифракційної решітки.

При збудженні об'ємних хвиль ДХ, як і у випадку з ЕП, можливі різні режими випромінювання, найбільш характерні з яких можна проаналізувати шляхом побудови діаграм Бріллюена для різних значень діелектричної проникності середовища ε .

Аналіз цих діаграм показує, що із збільшенням діелектричної проникності при заданих значеннях відносної швидкості електронів β_e з'являються нові зони Бріллюена та збільшується кількість дифракційних гармонік. Інтервали значень β_e , в яких збуджуються задані гармоніки випромінювання, істотно зменшуються. Для даних умов з'являється можливість реалізації черенковських гармонік при малих швидкостях електронів (низьких прискорюючих напругах).

При більш широкому аналізі діаграм Бріллюена в інтервалі змін $\varepsilon = 2 \div 100$ впливає, що для збудження черенковського випромінювання нерелятивістським ЕП необхідні діелектрики з $\varepsilon > 50$, при експериментальному моделюванні доцільне використання діелектриків з $\varepsilon \leq 10$.

1. Шестопапов В. П., *Дифракционная электроника* (Харьков: Изд-во ХГУ, 1976).
2. Шестопапов В. П., *Генераторы дифракционного излучения* (Киев: Наук. Думка: 1991).

Фазовые переходы первого рода в ортоферритах

Медведовская О.Г.¹, доцент; Федоренко Т.А.², аспирант;
Чепурных Г.К.³, профессор;

¹Сумский государственный педагогический университет
им. А.С.Макаренко, г. Сумы

²Сумский государственный университет, г. Сумы

³Институт прикладной физики НАН Украины, г. Сумы

Изучение состояний магнитоупорядоченных кристаллов, к которым относятся и ортоферриты [1,2], связано с возможностью использования обнаруженных особенностей состояний в информационных и коммуникационных технологиях, а также в нанотехнологиях (см. Horizon 2020 projects).

В предлагаемой работе рассматривается фазовый переход первого рода, индуцированный внешним магнитным полем $\mathbf{H}||\mathbf{A}$ (\mathbf{A} – ось легчайшего намагничивания), при котором угол θ , определяющий ориентацию вектора антиферромагнетизма \mathbf{I} ($\mathbf{I} = \mathbf{M}_1 - \mathbf{M}_2$), изменяется от значения $\theta = 0$ до значения $\theta = \pi/2$. Значения угла θ в пределах $0 \leq \theta \leq \pi/2$ соответствует максимуму энергии, разделяющему два минимума в области метастабильных состояний: $H_1 \leq H \leq H_2$ (H_1 – нижнее критическое поле, H_2 – верхнее критическое поле). Угол $\theta \ll 1$ вблизи поля H_2 определяется выражением $\theta^2 = (H_2^2 - H^2)/e_1|E$, а угол $\alpha \ll 1$ ($\alpha = \pi/2 - \theta$) вблизи поля H_1 определяется выражением $\alpha^2 = (H^2 - H_1^2)/e_1|E$ (E – обменная константа, e_1 – биквадратная константа анизотропии). Из этих выражений следует, что наиболее значительное изменение барьера, разделяющего два минимума, происходит вблизи критических полей. Этот результат может проявиться при экспериментальном изучении гистерезисных явлений.

Отметим, что хотя мы рассмотрели ромбический антиферромагнетик с взаимодействием Дзялошинского (ВД), тем не менее, выводы данной работы справедливы и для других легкоосных антиферромагнетиков с ВД, в которых анизотропия в плоскости, перпендикулярной \mathbf{A} , выделяет плоскость опрокидывания вектора \mathbf{I} .

4. K. Yamaguchi, T. Kurihara, et. al., *Phys. Rev. B* **92**, 064404 (2015).

H.J. Zhao, X. M. Chen, et. al., *Phys. Rev. B* **93**, 014417 (2016).

Динаміка ґратки кристалу Tl_4CdI_6

Соловійов М.В., здобувач; Франів В.А., асистент; Футей О.В., асистент; Бовгира О.В., доцент; Кашуба А.І., аспірант
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

Найбільший експериментальний інтерес представляють фононні спектри першого порядку. Це пов'язано із тим, що величина хвильового вектора світлової хвилі ($k \sim \lambda^{-1}$) набагато менша розмірів зони Бриллюена ($\sim a^{-1}$), а фононні спектри першого порядку обмежуються збудженням коливних мод, близьких до центра зони Бриллюена. Тому при аналізі фононних спектрів обмежуються Γ -точкою ($k=0$), коли вимагається знання лише точкових груп досліджуваних кристалів.

Знаючи симетрію компонент дипольного моменту (Γ_u) і пам'ятаючи, що в ІЧ- спектрах активні коливання, при яких змінюється будь-яка компонента дипольного моменту, неважко показати, які саме з фундаментальних коливань будуть проявлятися в ІЧ- спектрах. Таким чином в ІЧ- спектрах будуть активні тільки непарні (u) коливання $A_{1u}, A_{2u}, B_{1u}, B_{2u}, E_u$.

В СКР проявляється ті коливання, симетрія яких збігається з симетрією компонент тензора поляризованості (Γ_a). У спектрах комбінаційного розсіювання будуть активні парні (g) коливання $A_{1g}, A_{2g}, B_{1g}, B_{2g}, E_g$.

$$\Gamma_a = A_{2u} + E_u$$

$$\Gamma_{omn} = \Gamma_v - \Gamma_a = 4A_{1g} + 4A_{1u} + 5A_{2g} + 4A_{2u} + 4B_{1g} + 3B_{1u} + 3B_{2g} + 2B_{2u} + 7E_g + 10E_u$$

В спектрі комбінаційного розсіювання повинні бути інтенсивні повносиметричні коливання типу A_{1g} , які поляризовані. Решта мод в порівнянні із A_{1g} будуть слабшими [1].

Дослідження СКР проводилось на установці ДФС-52. Отримані СКР для нашого зразку показують один інтенсивний пік з центром в точці $104,8 \text{ см}^{-1}$ (A_{1g}). Та менш інтенсивні піки $26,05 \text{ см}^{-1}$ (E_g), $44,8 \text{ см}^{-1}$ (A_{1g}), $51,7 \text{ см}^{-1}$ (E_g), $55,45 \text{ см}^{-1}$ (B_{2g}) та $63,55 \text{ см}^{-1}$ (A_{1g}).

1. А.І. Кашуба, О.М. Попель, та ін., *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика* **38**, 64-69, (2015).

Нелинейная метрология как универсальный инструмент исследования сложных систем

Курской Ю.С., доцент

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков,

Результаты научных исследований зависят от качества измерений характеристик объекта научного интереса. Наиболее сложными для исследования и прогнозирования являются открытые нелинейные динамические системы (НДС). К их чертам относятся: связанные между собой динамические переменные с нелинейным, часто хаотичным, поведением; подверженность внешним воздействиям, зависимость от начальных условий. Такие разные по происхождению объекты и системы как лазер, живой организм, социум, океан и фондовый рынок объединяет то, что все они — примеры НДС.

Для измерения в НДС создано новое научное направление — нелинейная метрология [1]. Разработаны модель измерения и модель анализа результатов измерения. Ключевыми элементами модели измерения являются: схема измерительного эксперимента; способ оценки необходимого и достаточного количества информации; способ классификации процесса и выбор математического аппарата обработки результатов измерения; способ оценки результатов измерений. Подход к анализу результатов измерения состоит из этапов: определение фрактальной размерности, определение размерности вложения аттрактора; восстановление фазового портрета; определение локальных (показатели Ляпунова, время предсказания) и общих характеристик (энтропия Шеннона) НДС.

В качестве инструментов анализа предложено использовать фрактальные и энтропийные шкалы состояния НДС. Для анализа эволюционирующих НДС (биологические системы и живые организмы) используется время возвращения системы в устойчивое состояние, В качестве математического аппарата предлагается использовать методы интервальной математики.

1. Мачехин Ю.П., Курской Ю.С., *Основы нелинейной метрологии* (LAP Lambert Academic Publishing: 2014).

Дослідження домішкових кристалів літію амонію сульфатуШамшин О.П., *доцент*

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Відомо, що кристали літію амонію сульфату (ЛАС) LiNH_4SO_4 у фазі II, яка являє собою неправильну похідну структури тридиміту (SiO_2), із шестичленими кільцями, що чергуються, SO_4 і LiO_4 – тетрадрів, перпендикулярних псевдогексагональній осі a , можуть утворювати неперервний ряд твердих розчинів при ізоморфному заміщенні одного катіона іншим. Введення навіть невеликої кількості домішки суттєво змінює властивості ЛАС: збільшується константа Кюри-Вейса, змінюється величина спонтанної поляризації і вид її температурної залежності, змінюється температура переходу, при досягненні певних концентрацій фазові переходи (ФП) в змішаних кристалах не спостерігалися.

Використовуючи метод локальних нормальних координат у наближенні віртуального кристалу, придбана залежність температури переходу від концентрації домішок:

$$T_c = T_c^0 \cdot s(p) \cdot [1 + p \cdot (\gamma - 1)] / [1 + p(\chi - 1)], \quad (1)$$

де $T_c^0 = f_0^{11} A_1 / 9B_1$ - температура переходу в ідеальній системі при $p = 0$, A_1 , A_2 , B_1 – параметри термодинамічного потенціалу, $s(p)$ - силова стала, p - концентрація домішок, і параметри γ і χ - визначаються відношенням параметрів одно частинних потенціалів основної ґратки і дефектів. Зменшення чи збільшення температури переходу залежить від того чи має дефектна ґратка більш мілкий або більш глибокий одно частинний потенціал в зрівнянні з потенціалом основної ґратки. У граничному випадку жорстких дефектів ($A_2 < 0$), що стабілізують високосиметричну фазу, ФП при певній концентрації зовсім зникає.

В роботі проведений розрахунок параметрів $s(p)$, γ , χ і знайдено теоретичні залежності для домішкових кристалів ЛАС у випадку заміщення як катіонного так і аніонного комплексу: $\text{Me}_x\text{NH}_4\text{SO}_4 - \text{Li}_{1-x}\text{NH}_4\text{SO}_4$, де $\text{Me} = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$, і $[\text{LiNH}_4\text{SO}_4]_{1-x} - [\text{LiNH}_4\text{SeO}_4]_x$. Придбані теоретичні залежності порівнюються з експериментальними даними для цих кристалів.

Исследование отклика сцинтилляционных детекторов на поток нейтронов от источника $^{239}\text{PuBe}$

Ананьева В.А., студентка; Малыхина Т.В., доцент;
Шусь А.Ф., зам. зав. кафедры ЯМФ
ХНУ имени В.Н. Каразина, г. Харьков

Для контроля над объектами атомно-ядерного цикла, а также процессами, происходящими внутри ядерных реакторов, при переработке и хранении отработанного ядерного топлива возникает необходимость детектирования нейтронного излучения. На физико-техническом факультете ХНУ имени В.Н. Каразина совместно с Институтом монокристаллов НАН Украины проводятся исследования характеристик тяжелых оксидных сцинтилляторов, предназначенных для детектирования быстрых нейтронов [1].

В работе проведено исследование отклика тяжелых оксидных сцинтилляторов $\text{Bi}_3\text{Ge}_4\text{O}_{12}$, CdWO_4 , Gd_2SiO_5 на поток нейтронов от источника $^{239}\text{PuBe}$. Исследования проводились как экспериментально, так и методом моделирования. В экспериментах исследовалась возможность регистрации сигнала от нейтронного источника $^{239}\text{PuBe}$, находящегося на расстоянии 250 мм от детектора, причем между источником и детектором помещен свинцовый экран толщиной 50 мм. В докладе представлены энергетические спектры вторичных гамма-квантов, образующихся в ходе эксперимента, а также показано, что вклад вторичных гамма-квантов в суммарный отклик детектора является незначительным за счет использования свинцовой защиты.

В результате выполнения работы исследованы процессы, происходящие в веществе тяжелых оксидных сцинтилляторов при регистрации быстрых нейтронов. Показано, что использование сцинтилляторов $\text{Bi}_3\text{Ge}_4\text{O}_{12}$ и CdWO_4 является более предпочтительным, чем Gd_2SiO_5 для регистрации потока нейтронов от источника $^{239}\text{PuBe}$.

1. B.V. Grinyov, G.M. Onishchenko, V.D. Ryzhikov et al., *Functional Mater.* **21** No 3, 345 (2014).

Возбужденный ангармонический осциллятор: классический и квантовый случай

Быстрик Ю.С., аспирант; Денисов С.В., старший преподаватель
Сумский государственный университет, г. Сумы

В работе рассматривается модель открытого нелинейного квантового осциллятора с периодической модуляцией. В рамках приближения Линдблада динамика этой системы описывается уравнением [1]:

$$\dot{\rho} = -i[H_s, \rho] + D(\rho), \quad (1)$$

где ρ – матрица плотности системы, H_s – гамильтониан когерентной системы, $D(\rho)$ – «диссипатор» (супероператор, включающий в себя действие среды). При этом классическим аналогом изучаемой модели является нелинейный диссипативный осциллятор, который допускает хаотические аттракторы как асимптотические решения.

С помощью метода «квантовых скачков» [1], т.е. семплирования по стохастическим квантовым траекториям, мы нашли решение детерминистического уравнения (1) и показали, что имеет место хорошее соответствие между квантовым аттрактором открытой квантовой системы и аттрактором ее классического аналога. Таким образом, квантовая система несет в себе «отпечатки» классического хаоса.

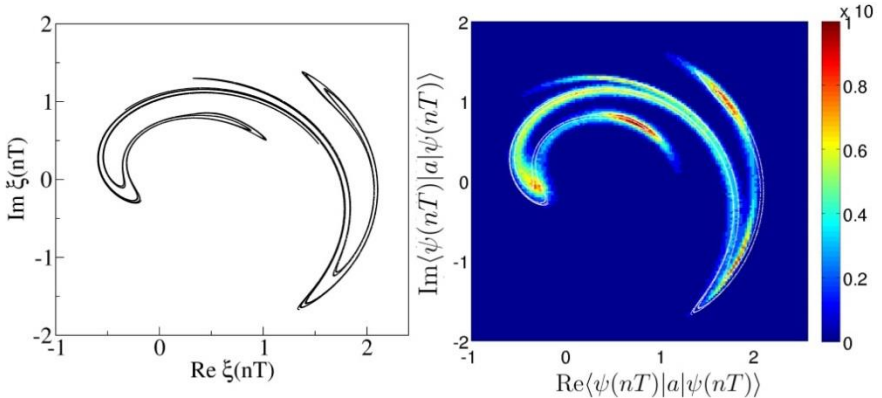


Рисунок 1 – фазовый портрет (аттрактор) классической модели (слева) и квантовой модели (справа) с наложенным на него классическим аттрактором (белые точки).

1. Н.-Р. Breuer and F. Petruccione, *The Theory of Open Quantum Systems* (Oxford University Press, 2007).

Potential Surface of Polymethine Dye Molecule in the optimized state

Vita V. Solomko¹, *graduate student*; Yuriy M. Lopatkin¹, *professor*;
Artyom Yu. Logvinenko¹, *student*; Petro A. Kondratenko², *professor*

¹Sumy State University, Sumy

²National Aviation University, Kiev

Polymethine dyes (PMD) is widely used as sensitizers and as a convenient object for studying properties of chromophore systems. For research of PMD and the processes occurring in them, in this paper are applied quantum chemistry methods that are implemented using software package MOPAC2016, a well-established themselves with studies of complex molecules.

In this paper, the calculation of the potential surfaces of the ground and excited states of the dioksazoltrimetintsianin molecule in the optimized state is made. It was confirmed the phase transition found in previous work, in which the singlet ground state was replaced by a triplet (Fig.1). Inability in previous studies to optimize the molecules at each step of increasing the bond length between the carbon atoms in the chromophore chain, not allowed telling with confidence about the presence of this condition.

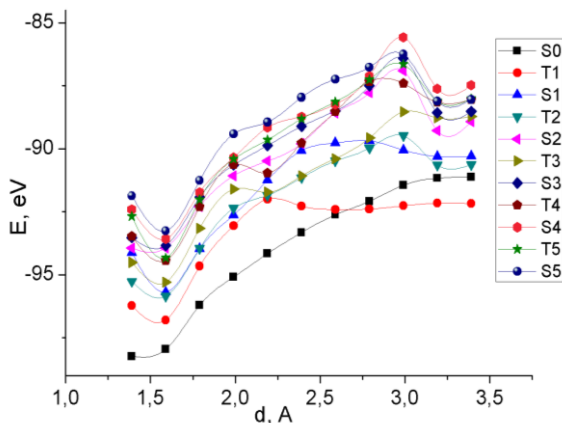


Figure 1 – Dependence of potential surfaces on the bond length in the chromophore chain of the PMD molecule

Furthermore, with increasing the bond length, as expected, there was a general decreasing of energy of the potential surfaces.

**Индукцированная взаимно-коррелированными шумами
бистабильность: среднее время переключения**

Витренко А.Н., *старший преподаватель*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Множество систем в природе и технике имеют два устойчивых состояния. Они называются бистабильными и описываются двухъямными потенциалами. Под воздействием такие системы могут переключаться из одного состояния в другое. В случае случайного воздействия получаем задачу о броуновском движении частицы в двухъямном потенциале, которая описывается уравнением Ланжевена с аддитивным шумом. Нахождение среднего времени спонтанного переключения из одного состояния в другое представляет интерес.

Другой тип бистабильности связан с неравновесными переходами, индуцированными мультипликативным шумом, в системах, изначально моностабильных. При малых интенсивностях шума равновесная плотность вероятности состояния системы – одномодальная, ее мода совпадает с точкой минимума одноямого потенциала; при больших интенсивностях – бимодальная, ее две моды уже не совпадают с этой точкой. Соответствующий вероятностный потенциал в первом случае – одноямный, во втором – двухъямный.

В данной работе рассматривается модель, в которой наблюдаются неравновесные переходы, индуцированные взаимно-коррелированными шумами [1]. Ее цель – вычислить среднее время переключения между двумя наиболее вероятными состояниями. Используются результаты теории достижения границ марковскими процессами. Задача сводится к интегралу от коэффициента диффузии и равновесной плотности вероятности, вычислить точно который не представляется возможным. Применяется приближенный подход, для чего вводится малый параметр отношения интенсивностей шумов, по которому производятся разложения. При этом область значений параметра состояния $x(t)$ разбивается на две части, $|x| < 1$ и $|x| > 1$, в которых для $x(t)$, соответственно, принимаются U -квадратное и гауссовское распределения. Получено выражение среднего времени перехода системы из состояния $-x$ в симметричное состояние x .

1. S.I. Denisov et. al, *Phys. Rev. E.* **68**, 046132 (2003).

Proton Transfer Route in Spiropyran Molecule

Olga A. Kovalenko¹, *graduate student*; Yuriy M. Lopatkin¹, *professor*;
Aleksandr A. Oblapenko¹, *student*; Petro A. Kondratenko², *professor*
¹ Sumy State University, Sumy;
² National Aviation University, Kiev

At present researches of photosensitive molecules become more popular. Such molecules are used as molecular switches, thermal and chemical sensors, etc.

One of the brightest representatives of such molecules are spiropyrans. To identify the mechanism of photochromism processes of isomerization of the spiropyran molecules have been widely studied, but the influence of protonation on this process has been studied insufficiently.

In this work we considered protonation of the spiropyran molecule at the N and O atoms and calculated the potential surface of the proton transfer route from the nitrogen atom to the oxygen atom using semiempirical method AM1 of program package MOPAC2012.

Fig.1 shows that, joining of a proton to N and O is almost equally probable. In a case when the proton is at nitrogen atom, the only obstacle to the merocyanine form is the barrier for proton transfer from N to O, which is about 2,5 eV.

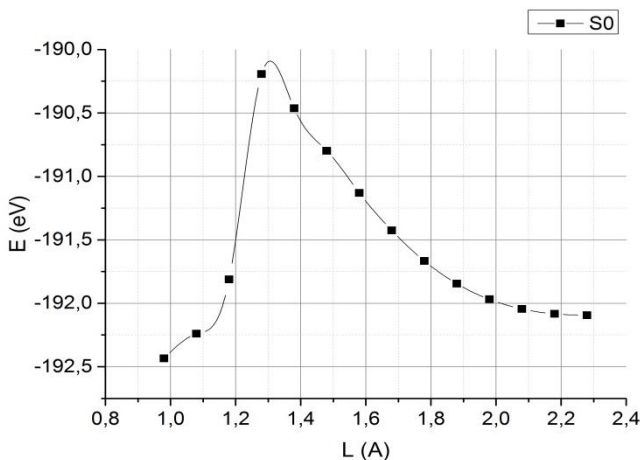


Figure 1 –
The dependence
of the energy on
the reaction
coordinate
at the proton
transfer with
forming the final
products of
reaction.

The cause of the barrier is discussed.

**Ферромагнитная наночастица в жидкости:
Броуновское вращение и поглощение энергии**

Лютый Т.В., *докторант*; Рева В.В., *аспирант*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Рассматривается сферическое движение ферромагнитной наночастицы в вязкой жидкости под действием переменного магнитного поля различных типов поляризации с учетом тепловых флуктуаций. Анализ проводится в предположении, что магнитный момент жестко привязан к кристаллической решетке за счет большой магнито-кристаллической анизотропии.

Методология анализа базируется на уравнении Фоккера-Планка (УФП), для угловых координат частицы. Получаемая в результате решения УФП плотность вероятности вращательных состояний наночастицы и позволяет определить выражение для средней потери мощности, которое зависит от температуры, параметров частицы, жидкости и поля. Для случая воздействия циркулярно-поляризованного поля используется решение УФП, предложенное в работе [1], тогда как в случае линейной поляризации – предложенное в работе [2].

Целью данной работы является выяснение роли тепловых флуктуаций в процессе поглощения энергии переменного электромагнитного поля с последующим нагреванием жидкости-носителя. Для этого производится сравнение частотных зависимостей поглощаемой мощности для различных значений безразмерного параметра $\kappa = MH/k_B T$, где M – намагниченность наночастицы, H – амплитуда внешнего поля, k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. В частности, обсуждается возможность роста величины поглощаемой энергии за счет термических флуктуаций. Кроме того, проводится сравнение поглощаемой мощности для различных типов поляризации поля и величины вязкости жидкости.

Полученные аналитические результаты сравниваются с результатами численного моделирования, основанного на решении соответствующей системы уравнений Ланжевена для угловых координат наночастицы.

1. T.V. Lyutyu, et. al, *Phys. Rev. E* **92**, 042312(9) (2015).
2. B.U. Felderhof, R.B. Jones. *J. Phys.: Condens. Matter* **15**, S1363 (2003).

Вращение слабоанизотропной ферромагнитной наночастицы в вязкой жидкости под действием переменного поля

Люты́й Т.В., докторант; Гришко А.Н., аспирант;
Ковнер А.А., студентка
Сумский государственный университет, г. Сумы

Корректное описание совместной магнитной динамики и сферического движения ферромагнитной наночастицы является нетривиальной задачей, несмотря на то, что методы анализа этих видов движения по отдельности, в рамках моделей зафиксированной частицы и жесткого диполя, хорошо разработаны. Только недавно, после ряда неудачных попыток, предпринятых разными авторами, в работе [1] был предложен непротиворечивый подход к решению данной задачи.

В основу указанного подхода положен закон сохранения полного момента импульса, что существенно модифицирует результирующие уравнения движения по сравнению с уравнением Ландау-Лифшица и уравнениями сферического движения для жесткого диполя.

Используя модель, предложенную в [1], были аналитически описаны некоторые динамические режимы движения. В частности, прецессионный режим движения в циркулярно-поляризованном поле, при котором магнитный момент совпадает по направлению с легкой осью и вращается синхронно с внешним полем. Отличительной особенностью прецессии в этом случае является наличие постоянной составляющей намагниченности в направлении, перпендикулярном к плоскости поляризации внешнего поля.

Также был описан режим малых вращательных колебаний, при котором магнитный момент и легкая ось наночастицы осциллируют вокруг первоначального положения легкой оси с частотой внешнего поля. Здесь было использовано линейное приближение, аналогичное предложенному в [2].

Для каждого режима были посчитаны выражения для средней мощности потерь и проанализирована роль каждого механизма диссипации в зависимости от параметров поля и наночастицы.

1. K.D. Usadel and C. Usadel, *J. Appl. Phys.* **118**, 234303 (2015).
2. T.V. Lyutyu, et. al, *Phys. Rev. B* **91**, 054425 (2015).

**Дослідження коефіцієнта поглинання світла у монокристалах
сполук $\text{Ag}_{0.95}\text{Cu}_{0.05}\text{GaGe}_3\text{Se}_8$, $\text{AgGa}_{0.95}\text{In}_{0.05}\text{Ge}_3\text{Se}_8$ та
 $\text{AgGaGe}_{2.85}\text{Sn}_{0.15}\text{Se}_8$**

Кримусь А.С., аспірант; Мирончук Г.Л., доцент;
Кльоц О.М., студент; Каплявка К.В., студент
Східноєвропейський національний університет
імені Лесі Українки, м. Луцьк

Розвиток електроніки вимагає створення нових дешевих кристалічних сполук з регульованими властивостями. Анізотропні сполуки з широкими вікнами пропускання можуть бути перспективними для використання у оптоелектроніці та нелінійній оптиці. Одним з таких матеріалів є халькогенідний монокристал $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$. Додавання домішок у кристал $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$ дозволяє ціленапрявлено змінювати його властивості [1].

У роботі досліджено спектральний розподіл коефіцієнта поглинання монокристалів тетравної фази $\text{AgGaGe}_3\text{Se}_8$, легованої атомами Cu, In, Sn у діапазоні температур 100 – 300 К. За значенням енергії кванта світла в області краю поглинання при $\alpha=160 \text{ см}^{-1}$ оцінена ширина забороненої зони.

Дослідження показали, що в температурному інтервалі 100 – 300 К ширина забороненої зони практично лінійно змінюється з температурою. Розрахований термічний коефіцієнт зміни ширини забороненої (dE_g/dT) зони становить $-(8.5 - 9.5) \cdot 10^{-4} \text{ еВ/К}$.

Край поглинання світла у всіх досліджуваних кристалах добре описується експоненційною залежністю. Апроксимація спектрів поглинання за формулою Урбаха [2] дозволила отримати значення енергії Урбаха (E_U), координати точки збіжності $\ln(\alpha)=f(h\nu, T)$ (α_0 і E_0) для досліджуваних сполук. Експериментально встановлене зростання E_U при збільшенні температури кристалів від 100 до 300 К.

Розраховано значення сили електрон-фононної взаємодії (g), яке дорівнює 1.04, 1.06 та 1.08 для кристалів легованих Cu, In та Sn відповідно, що є типовим для кристалів, що мають дефекти стехіометрії у катіонних підрешітках.

1. I.V. Kityk, A.O. Fedorchuk, P., et al., *Mater. Lett.* **107** (2013).
2. F. Urbach, *Phys. Rev.* **92** (1953).

Оптичні, фотоелектричні властивості квазібінарних систем $\text{TlInSe}_2\text{-GeSe}_2$

Замуруєва О.В., *мол. наук. співроб.*; Махновець Г.В., *аспірант*;
Миرونчук Г.Л., *доцент*
Східноєвропейський національний університет
імені Лесі Українки, м. Луцьк

Інтерес до сполук типу $\text{TlB}^{\text{III}}\text{C}^{\text{VI}}_2$ обумовлений перспективністю їх використання в напівпровідниковому приладобудуванні [1]. Такого типу тверді розчини є актуальними, оскільки вивчення властивостей цих систем дозволяє виявити закономірності, що визначають залежність їх властивостей від складу. Встановлення цього дає можливість проводити цілеспрямований пошук матеріалів, що володіють заданим поєднанням фізичних властивостей. У процесі легування напівпровідників фізичні властивості залежать від того, яке положення займають легуючі домішки.

У роботі представлено дослідження оптичних та фотоелектричних характеристик монокристалів $\text{Tl}_{1-x}\text{In}_x\text{Ge}_x\text{Se}_2$ ($x=0,1; 0,2$) вирощених методом Бріджмена-Стокбаргера.

З оптичних спектрів поглинання шаруватих кристалів $\text{Tl}_{1-x}\text{In}_x\text{Ge}_x\text{Se}_2$ ($x=0,1; 0,2$) оцінено ширину забороненої зони при непрямих (E_{gi}) і прямих (E_{gd}) дозволених переходах, енергія Урбаха та параметр крутизни в діапазоні температур $100\div 300$ К. З рентгеноструктурних досліджень встановлено, що із збільшенням вмісту GeSe_2 зростає концентрація донорних (іони In^{3+} заміщуються іонами Si^{4+}) та акцепторних (V_{Tl}) центрів, що веде до зростання іонності зв'язку та зменшення параметрів решітки. На нашу думку саме цим зумовлено зростання ширини забороненої зони та енергії Урбаха при збільшенні x [2].

Кристали $\text{Tl}_{1-x}\text{In}_x\text{Ge}_x\text{Se}_2$ ($x=0,1; 0,2$) є високоомними напівпровідниками з p -типом провідності. При збільшенні x від 0,1 до 0,2 тип провідності залишається сталим. Аналіз експериментальних результатів температурної залежності темної електропровідності

показує, що в діапазоні температур 315 ÷ 270 К вона добре описується експоненційною залежністю, характерною для неупорядкованих напівпровідників [3]. Обчислена енергія активації відповідає значенню ~ 0,33 та 0,29 еВ для $x=0,1$; та 0,2; відповідно. В області температур $145 < T < 210$ К спостерігається стрибова провідність зі змінною довжиною стрибка яка при подальшому зменшенні температури стає безактиваційною.

Кристали $Tl_{1-x}In_{1-x}Ge_xSe_2$ ($x=0,1; 0,2$) є фоточутливими напівпровідниками [4]. Енергетичне положення домішкового рівня відносно стелі валентної зони при $T=200$ К становить 0,32 та 0,27 еВ для кристалів $TlInSe_2 - GeSe_2$ та при ($x=0,1; 0,2$) відповідно, що узгоджується з енергією активації темної електропровідності [3]. Тому припускається, що високотемпературна електропровідність та домішкова фотопровідність зв'язані з одними й тими ж центрами, а саме акцепторами зони локалізованих станів.

Встановлено, що має місце довготривала релаксація фотопровідності. Характерні етапи швидкої та повільної релаксації нерівноважної провідності. Оцінено енергетичну відстань від дна зони провідності до рівня діркової пастки 31 меВ та 57 меВ $Tl_{1-x}In_{1-x}Ge_xSe_2$ ($x=0,1; 0,2$), відповідно.

1. M. Haniyas, A. Anagnostopoulos, et al., *Physica B* **160**, 154 (1989).
2. І. В. Кітик, Г. Л. Мирончук, О. В. Замуруєва, О. В. Парасюк, О. С. Мартинюк, *Наук. вісн. Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. Сер. Фіз. науки* № **10(311)**, 27 (2015).
3. O. V. Zamurueva, G. L. Myronchuk, et al., *Archives of Metallurgy and Mater.* **60(3)**, 2025–2028 (2015).
4. G. L. Myronchuk, O V Zamurueva, et al., *Mater. Res. Express.* **3(2)**, 025902 (2016).

Метаматеріали на основі пористих полімерних структур з властивостями невідбиваючого поглинання ультразвукової хвилі

Шемедюк О.Л., *магістрант*

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Метаматеріали синтезуються введенням у природний матеріал періодичних структур різних геометричних форм, які модифікують властивості початкового матеріалу. Пористий метакран, тобто один шар газових включень в пластичну і тверду речовину, може бути змодельований у вигляді відкритого резонатора акустичної хвилі, поведінка якого описується певними аналітичними виразами. Розрахунок параметрів поздовжньої хвилі у такій структурі доволі складний. Проте не так давно була запропонована відносно проста модель для розрахунку коефіцієнтів пропускання і відбивання УЗ-хвиль від одного шару пор метакрану [1], яка була нами експериментально підтверджена для ряду газонаповнених полімерних матеріалів. Загальна пористість зразків, середній діаметр та розподіл пор визначались методами ІЧ-спектроскопії з використанням теорії дифракційного розсіювання. УЗ-дослідження проводились на експериментальній установці, робота якої базується на проходженні поздовжніх та поперечних ультразвукових хвиль через зразок полімерного матеріалу, зануреного у імерсійну рідину. Установка дозволяє за один прийом визначати швидкості поширення поздовжньої і поперечної хвилі, а також коефіцієнти їх затухання. В результаті проведених досліджень визначено, що селективна властивість полімерного метаматеріалу поглинати енергію УЗ-хвиль залежить від в'язкопружних властивостей полімерної матриці, радіуса сферичних включень та періодичності їх розташування. Встановлено ряд полімерних матеріалів з масивом прецензійних включень, для яких енергія відбитих УЗ-хвиль стає у сотні разів меншою за енергію падаючих. Такі метаматеріали можна використовувати не лише у військовій справі (антисонарні покриття субмарин). Вони дозволять покращити акустику в аудиторіях університетів, захистять важливі органи пацієнта при УЗ-обстеженні.

Керівник: Кривцов В.В., *доцент*.

1. V. Leroy, A. Strybulevych, M. Lanoy, *Phys. Rev. B.* **91**, 020301 (2015)

**Чисельний розрахунок коефіцієнта екстинкції для дислокаційних
петель з певною орієнтацією**Яремій І.П.¹, професор; Томин У.О.², асистент¹ Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
м. Івано-Франківськ² Івано-Франківський національний медичний університет,
м. Івано-Франківськ

Одним із основних видів дефектів, що утворюються в приповерхневих шарах монокристалів зі структурою гранату після їх іонної імплантації є дислокаційні петлі. Методи X-променевої дифрактометрії [1] дають можливість визначити концентрацію та радіус дефектів, які впливають на характеристики матеріалів. При розшифровці кривих дифракційного відбивання необхідно також враховувати орієнтацію дислокаційних петель. В [2] було записано співвідношення для обчислення значень коефіцієнта екстинкції $\mu_{ds}(\Delta\theta)$, в яких враховується взаємна орієнтація вектора дифракції \mathbf{H} та векторів Бюргерса наявних в кристалі петель \mathbf{b} .

Значення коефіцієнта $\mu_{ds}(\Delta\theta)$ для відбивань (444), (888) та (880) та петель з векторами Бюргерса, паралельними до напрямку [111], розраховувалися за допомогою математичного пакету Maple 13.

Залежність коефіцієнта екстинкції від $\Delta\theta$ при всіх значеннях R та c мала вигляд двох віток експоненти – зростаючої та спадної, що дзеркально відображали одна одну. Функціональна залежність для спадної вітки при відносній деформації $\Delta d/d = 0$:

$$\mu_{ds}(\Delta\theta) = y_0(R, c) + A(R, c)(\exp(-\Delta\theta/t_1(R, c)) + \exp(-\Delta\theta/t_2(R, c))).$$

Вигляд залежностей при інших відносних деформаціях знаходиться шляхом зсуву даної функції по кутовій змінній. Коефіцієнти $A(R, c)$, та $y_0(R, c)$ наближались функціями виду: $A(R, c) = a_1(c)R^{b_1(c)}$, $y_0(R, c) = a_2(c)R^{b_2(c)}$, коефіцієнти $t_1(R, c)$, $t_2(R, c)$ – псевдо-Войтом.

1. Л.И. Даценко, В.Б. Молодкин, М.Е. Осиновский, *Динамическое рассеяние рентгеновских лучей реальными кристаллами* (Киев: Наук. думка: 1988).
2. Б.К. Остафійчук, І.П. Яремій, У.О. Томин, та ін., *Науковий вісник Чернівецького університету. Фізика. Електроніка* **3**, 37 (2014).

Реакція полівінілхлоридних нанокompозитів на дію зовнішніх полів різної фізичної природи

Лацюк Р.В., студент; Дуля П.І., студент

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

У роботі використано один з перспективних напрямків зміни комплексу властивостей полімерних матеріалів – створення нанокompозитних плівок, які як наповнювач містять нанорозмірні метали. Природа та механізми покращення стабільності електретного стану та збільшення дози радіаційного поглинання в таких полімерних матеріалах недостатньо вивчені, як і вплив інгредієнтів (їх тип, вміст, фізико-хімія поверхні, топологія). Відповідно, метою цієї роботи є дослідження спектроскопічними методами (ІЧ-спектроскопія, КР-спектроскопія, метод вимушених резонансних коливань на звукових частотах, термостимульована деполяризація) впливу структурних елементів на формування властивостей металонанонаповнених полімерних матеріалів, які зазнали дії зовнішніх модифікуючих факторів (ультрафіолетове та бета-опромінення, температура, орієнтація електричним полем). Використання взаємодоповнюючих спектроскопічних методів дослідження структурних особливостей полімерних систем на прикладі ПВХ дозволило з'ясувати вирішальну роль нанонаповнення у створенні полімерних композитних матеріалів з прогнозованим комплексом властивостей та вивчити напрямки керування їх фізико-хімічними характеристиками зовнішніми полями різної природи. Так, наявність наночасток металу в ПВХ-системі, що перебуває в зовнішньому ЕП, призводить до створення додаткових джерел поля всередині композиту, зміщуючи його в область більш високих напруженостей та спрощуючи процес переходу полімерного матеріалу в електретний стан. Встановлено, що наночастинки металів у полімерних системах виконують роль фотостабілізаторів та антирадів, сповільнюючи процеси старіння і деструкції полімерного матеріалу при дії на нього УФ-світла та бета-опромінення, захищаючи від руйнування під впливом високоенергетичних випромінювань. Підвищення температури зразків, як і збільшення доз бета-опромінення, сприяє появі великого набору менш вигідних конформацій та дефектів у структурі ПВХ.

Керівник: Кривцов В.В., доцент.

Численное исследование законов сверхмедленной диффузии для непрерывных во времени случайных блужданий

Быстрик Ю.С., ассистент; Денисов С.И., профессор
Сумский государственный университет, г. Сумы

Исследования диффузионных явлений показывают, что часто стохастические процессы (в среднем) проявляют аномальные свойства. Под аномальным поведением имеют в виду нелинейный во времени рост дисперсии процесса. При этом наиболее распространенным типом такого поведения дисперсии есть степенной закон. Однако характер роста дисперсии для аномальной диффузии не ограничивается только степенной функцией времени. Например, существует класс *сверхмедленных* [1] диффузионных процессов, для которых дисперсия изменяется медленнее любой положительной степени времени.

В работе [2] с помощью концепции непрерывных во времени случайных блужданий численно изучено явление сверхмедленной аномальной диффузии. Предложен метод численного моделирования законов диффузии для рассматриваемого процесса и показано, что при больших значениях времени полученные результаты находятся в очень хорошем соответствии с теоретическими предсказаниями [1].

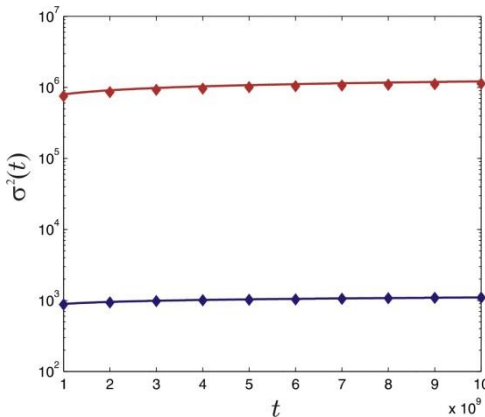


Рисунок 1 – Законы диффузии для изучаемого процесса. Сплошные линии отвечают аналитическим формулам, а маркерами показаны результаты численного моделирования. При этом верхняя красная линия/маркеры соответствуют *несимметричной* ситуации, а нижняя синяя линия/маркеры – *симметричной*.

1. S.I. Denisov, H. Kantz, *Europhys. Lett.* **92**, 30001 (2010).
2. Yu.S. Bystrik, *J. Nano- Electron. Phys.* **8** No 1, 01044 (2016).

Исследование изохорной теплопроводности кристаллического 1-пропанола

Карачевцева А. В., доцент, Константинов В. А., профессор,

Саган В. В., доцент, Ревякин В. П., доцент.

Физико-технический институт низких температур имени
Б. И. Веркина НАН Украины, г. Харьков

Одноатомных спирты - это класс веществ, который в последние годы привлекает внимание многих исследователей, поскольку в них можно относительно просто с помощью специально подобранной тепловой истории образца исследуемого материала получать различные твердотельные состояния, как со структурным, так и с ориентационным беспорядком [1-2]. К сожалению, исследовать изохорную теплопроводность спиртов в аморфном состоянии не представляется возможным, поскольку при предплавильных температурах, как правило, идут интенсивные процессы кристаллизации. Изохорные исследования позволяют исключить влияние теплового расширения на поведение теплопроводности, а также предоставляют дополнительную информацию о зависимости теплопроводности от плотности.

Исследована изохорная теплопроводность кристаллического 1-пропанола (C_3H_7OH) на образцах разной плотности в интервале температур от 100 К и до начала плавления. Показано, что как изохорная теплопроводность, так и теплопроводность, измеренная при давлении насыщенного пара, меняется по зависимости более слабой, чем $1/T$, однако в изохорном случае отклонения от $1/T$ выражены значительно сильнее. Тепловое расширение приводит к дополнительному уменьшению теплопроводности с ростом температуры, что частично компенсирует отклонения от зависимости $\kappa \propto 1/T$ и приводит к занижению оценки диффузного вклада в теплопроводность и завышению фононного.

1. C. Talon, F. J. Bermejo, C. Cabrillo et al., *Phys. Rev. Lett.* **88**, 115506-1 (2002).
2. M.A. Ramos, C. Talon, R.J. Jimenez-Rioboo and S. Vieira, *J. Phys.: Condens. Matter.* **15**, S1007 (2003)

Перенос тепла в твердом C_3H_7OH

Саган В.В., доцент, Константинов В.А., профессор,
Карачевцева А. В., доцент, Ревякин В.П., доцент.

Физико-технический институт низких температур имени
Б. И. Веркина НАН Украины, г. Харьков

Имеются два несколько отличающихся подхода к описанию отклонений теплопроводности от зависимости $\kappa \propto 1/T$. Оба подхода основываются на том, что теплопроводность определяется суммой вкладов фононных и «диффузных» мод [1, 2-3].

Авторы работ [2-3], анализируя поведение теплопроводности ряда молекулярных кристаллов в области температур выше максимума, сделали вывод, что теплопроводность с хорошей точностью может быть описана выражением $\kappa(T) = A/T + B$, где член A/T описывает трехфононные процессы переброса, а B – вклад короткоживущих (диффузных) мод. Последний вклад предполагается независимым от температуры при $T \geq \Theta_D$.

Другая модель предполагает, что тепло переносится как низкочастотными фонанами, так и высокочастотными «диффузными» модами [1], интеграл теплопроводности при этом разбивается на две части, описывающие эти вклады: $\kappa = \kappa_{ph} + \kappa_{dif}$.

Показано, что обе рассмотренные модели достаточно хорошо описывают температурную зависимость изохорной теплопроводности 1-пропанола, и сложно отдать предпочтение какой либо из них, а окончательный выбор в пользу той или иной модели сделать затруднительно, и необходим более детальный теоретический анализ, а также накопление экспериментальных фактов.

3. V.A. Konstantinov, Heat transfer in molecular crystals, In: Aziz Belmiloudi (Eds.), Heat Transfer - Theoretical Analysis, Experimental Investigations and Industrial Systems, “InTech” Open Access Publisher (2011).
4. A.I. Krivchikov, F.J. Bermejo, I.V. Sharapova, et al., *ФНТ* **35**, 1143 (2009).
5. O.A. Korolyuk, *ФНТ* **37**, 526 (2011).

Формування широкого мультигармонічного спектру двопотокової нестійкості за умови початкового теплового розкиду

Лисенко О.В., доцент; Ромбовський М.Ю., доцент;
Коваль В.В., доцент; Усик К.О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Двопотокова нестійкість використовується в якості основного механізму підсилення хвиль сигналу в деяких електронних приладах, наприклад, в двопотокових лазерах на вільних електронах (ДЛСЕ). Окрім експоненційного зростання хвилі просторового заряду (ХПЗ) в області взаємодії двопотокова нестійкість призводить до збудження великої кількості мод ХПЗ. При реалізації ситуації виникнення множинних резонансів між певними гармоніками, виникає можливість формування широкого мультигармонічного спектру.

В даній роботі в якості моделі дослідження розглядається взаємодія двох релятивістських електронних потоків, що рухаються вздовж однієї прямої. На відміну від досліджень, які було проведено раніше, в роботі досліджується вплив теплового розкиду на динаміку формування мультигармонічного спектру, що відповідає ситуації спокійного максвелівського старту у двопотоковій релятивістській системі з маленькою випадковою тепловою компонентою.

У якості вихідних використовувались рівняння Ньютона – Лоренца, рівняння Пуассона та рівняння Максвелла. До цих рівнянь застосовували методи ієрархічної теорії коливань та хвиль і метод крупних частинок. В результаті була отримана комп'ютерна модель, що дозволяла дослідити динаміку процесів в двопотоковій нестійкості для релятивістських електронних пучків з урахуванням теплового розкиду і взаємодії між відповідними модами ХПЗ.

На початковому етапі спостерігалось експоненціальне зростання певних мод ХПЗ, що в фазовому просторі відповідало формуванню декількох вихрив, які об'єднувались і перетворювались в один.

Було підбрано параметри формування необхідних мод. Розв'язана проблема недостатнього розділення малих змінних функції розподілу швидкості. Проведено часовий аналіз Фур'є. Знайдено значення енергії насичення двопотокової нестійкості. В роботі було показано, що моди з близькими номерами мають майже однакові інкременти зростання, що дозволяє сформувати ХПЗ з широким мультигармонічним спектром.

**Изохорная теплопроводность простых одноатомных спиртов:
1-пропанол**

Ревякин В.П., доцент, Константинов В.А., профессор,
Саган В.В., доцент, Карачевцева А. В., доцент.

Физико-технический институт низких температур имени
Б. И. Веркина НАН Украины, г. Харьков

Спиртами называются соединения, содержащие одну или несколько гидроксильных (ОН) групп, и в зависимости от их числа идентифицируются как одноатомные, двухатомные и т.д. Твердые одноатомные спирты являются очень удобным объектом, который позволяет исследовать аномалии тепловых свойств в разупорядоченных системах.

В настоящей работе исследована изохорная теплопроводность кристаллического 1-пропанола ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) в ориентационно упорядоченной фазе методом стационарного потока тепла на установке коаксиальной геометрии [1]. Образцы выращивались под различными давлениями от 30 до 120 МПа, при этом температурный градиент вдоль ячейки составлял порядка 1.5 К/см.

В работе проводится сравнение экспериментальных данных теплопроводности кристаллического 1-пропанола для изобарного и изохорного случая. Показано, что наши экспериментальные данные отличаются от данных работы [2] примерно на 5% при одних и тех же условиях (P,T), что укладывается в рамки суммарной систематической ошибки обеих экспериментов (7%). Из этих результатов видно, что как изохорная теплопроводность, так и теплопроводность, измеренная при давлении насыщенного пара, меняется по зависимости более слабой, чем $1/T$, однако в изохорном случае отклонения от $1/T$ выражены значительно сильнее. Тепловое расширение приводит к дополнительному уменьшению теплопроводности с ростом температуры, что частично компенсирует отклонения от зависимости $\kappa \propto 1/T$ и приводит к занижению оценки диффузного вклада в теплопроводность и завышению фононного.

1. В.А. Константинов, С.А. Смирнов, В.П. Ревякин, *ПТЭ* **42**, 145 (1999).
2. А.І. Krivchikov, F.J. Bermejo, I.V. Sharapova, et al., *ФНТ* **35**, 1143 (2009).

Prototype of Stable Molecular Switch

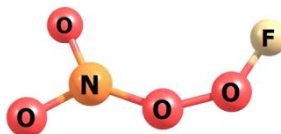
Anna G. Malashenko¹, *PhD student*; Yuliya A. Shevchenko¹, *student*;
Yuriy M. Lopatkin¹, *professor*; Tatyana N. Sakun², *ass. prof.*

¹Sumy State University, Sumy

²National Aviation University, Kiev

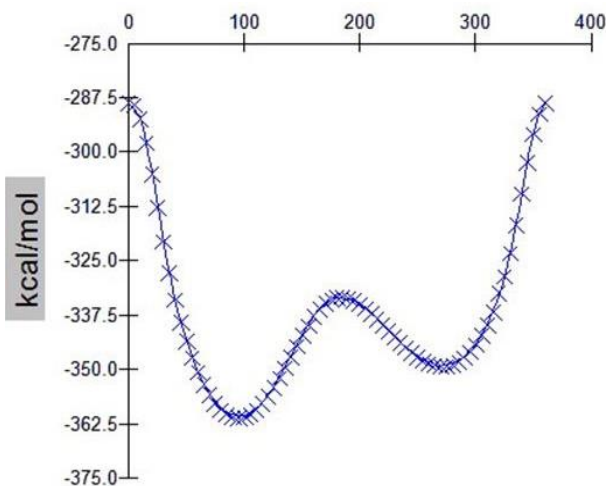
One of the goals of molecular electronics is search of structures that can serve as the memory elements, switches, transistors and etc.

As molecular switch may be a molecule which has two conformations, the transition between them is made by an external exposure, for example, the electric field of different polarity. In order to work of element was stable, the molecule must has sufficiently high potential barrier between the two stable states.



As a result of studies, it was found that molecule of nitro peroxide of fluorine (NPF) applies to such molecules. The reversible transition between conformations occurs when an external electric field of 0.035 a.u. As a result, the torsion angle NOOF is changed to 180° (Fig.1).

Figure 1 –
Dependence of
the binding energy
of the molecule
NPF on the
magnitude of the
dihedral angle in
the external
electric field
 $E = 0.035$ a.u.



The height of the potential barrier separating these states, greater than 1.5 eV.

Розрахунок фаз *np*- розсіяння при великих енергіях для потенціалів Аргонської групи

Жаба В.І., *старший викладач*

Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Для обчислення фазових зсувів одноканального нуклон-нуклонного розсіяння розглянуто відомий метод фазових функцій [1].

У роботі [2] отримані фазові зсуви для потенціалу нуклон-нуклонної взаємодії Argonne v18 тільки для інтервалу енергії 1-350 МеВ у лабораторній системі. Тому є доцільним обчислення фазових зсувів для великих енергій.

За допомогою методу фазових функцій чисельно отримано фазові зсуви *np*- розсіяння для 1S_0 -, 1P_1 -, 3P_0 -, 3P_1 -, 1D_2 -, 3D_2 - станів. Розрахунки проведено для сучасних реалістичних нуклон-нуклонних потенціалів Аргонської групи: Argonne v18 [2], v14, v8', v6' і v4' [3]. Маса нуклонів вибрано такими: $m_p=938,27231$ МеВ; $m_n=939,56563$ МеВ. Для розв'язування фазового рівняння був вибраний метод Рунге-Кутта 4-го порядку [4]. При оптимізованому крокові чисельних розрахунків фазові зсуви отримувалися з точністю до 0,01. Фазові зсуви знаходилися при виході фазової функції на асимптотику при $r>25$ Фм. Енергії становили від 1 МеВ до 3 ГеВ.

Чисельно розраховані фазові зсуви в області енергій 1-350 МеВ для потенціалу Argonne v18 добре узгоджуються з результатами, отриманими в оригінальній роботі [2]. Порівнюються отримані фазові зсуви в інтервалі енергій 1-400 МеВ для потенціалів Argonne v18, v8', v6' і v4' з результатами роботи [5].

По розрахованим фазовим зсувам обчислено повний переріз *np*-розсіяння, який визначається фазами розсіяння не тільки для S- стану, але і для станів з орбітальним моментом $l>1$.

1. В.В. Баби́ков, *Метод фазовых функций в квантовой механике* (Москва: Наука: 1988).
2. R.V. Wiringa, V.G.J. Stoks, R. Schiavilla, *Phys. Rev. C* **51**, 38 (1995).
3. R.V. Wiringa, R.A. Smith, T.L. Ainsworth, *Phys. Rev. C* **29**, 1207 (1984).
4. Н.Н. Калиткин, *Численные методы* (Москва: Наука: 1978).
5. M. Baldo, A. Polls, A. Rios, et. al, *Phys. Rev. C* **86**, 064001 (2012).

Асимптотики фазової і хвильової функцій по методу фазових функцій

Жаба В.І., старший викладач

Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Для одноканального нуклон-нуклонного розсіяння розглянуто асимптотики фазової і хвильової функції по методу фазових функцій [1]. Оскільки нам відомі асимптотики [1] для фазової функції, то їх можна використати для запису асимптотики хвильової функції поблизу початку координат. Якщо врахувати тільки перші члени асимптотичного розкладу сферичних функцій Бесселя, то при $r_0 \rightarrow 0$ асимптотика для хвильової функції буде записана у виді:

1) для несингулярного або слабо сингулярного потенціалу

$$u_l(r_0) \approx \frac{(kr_0)^{l+1}}{(2l+1)!!} - \frac{(2l-1)!!}{[(2l+1)!!]^2} k^{l+1} r_0^{-l} \int_0^{r_0} U(r) r^{2l+2} dr ; \quad (1)$$

2) для сильно сингулярного потенціалу відштовхування

$$u_l(r_0) \approx \frac{k^{l+1}}{(2l-1)!!} \frac{r_0^l}{U^{1/2}(r_0)}. \quad (2)$$

Тут $U(r) = 2mV(r)/\hbar^2$ - перенормований потенціал взаємодії, m - приведена маса, $k^2 = 2mE/\hbar^2$ - хвильове число, l - орбітальний момент. Як видно з формул (1) і (2), асимптотика хвильової функції не буде $u(r_0) \propto r_0^{l+1}$, а матиме складніший вид і визначатиметься також і поведінкою потенціалу поблизу початку координат.

Чисельно розраховано фазову, амплітудну і хвильову функції для 1S_0 -, 1P_1 -, 3P_0 -, 3P_1 -, 1D_2 -, 3D_2 - станів np - системи для потенціалу нуклон-нуклонної взаємодії Argonne v18 [2]. При розрахунках хвильової функції враховано її асимптотику згідно (1) чи (2).

1. В.В. Бабилов, *Метод фазових функцій в квантовій механіці* (Москва: Наука: 1988).
2. R.B. Wiringa, V.G.J. Stoks, R. Schiavilla, *Phys. Rev. C* **51**, 38 (1995).

Дисперсійні характеристики системи зв'язаних діелектричних хвилеводів з екрануванням

Кривець О.С., доцент; Дрозденко О.О., доцент;
Шепіль Є.А., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Електродинамічні системи на базі зв'язаних елементів є перспективними для реалізації широкого класу приладів і компонентів електронної та фотонної техніки. Саме тому питання, що присвячені теоретичному і експериментальному дослідженню властивостей як самих зв'язаних електродинамічних систем так і способів керування зв'язком між їх елементами є актуальними.

В даній роботі досліджувалася електродинамічна система, що реалізована у вигляді двох полістиролових діелектричних хвилеводів з перетином $7,2 \times 3,4$ мм² які мають зв'язок через поверхневі хвилі хвилеводів. На відміну від вже відомих модифікацій, керування взаємодії між двома хвилеводами виконувалося завдяки екрануванню поверхневих полів одним або двома металевими екранами, що розташовувалися біля хвилеводів з можливістю зміни відстані і кутів нахилу.

Для проведення експериментального моделювання електродинамічних характеристик досліджуваної системи на зв'язаних діелектричних хвилеводах з екрануванням було модернізовано панорамний комплекс вимірювання послаблення та КСВН Я2Р-67, що дозволило автоматизувати вимірювання та підвищити достовірність результатів. Теоретичне дослідження виконувалося за допомогою програмного пакету Microwave Studio.

Результати досліджень вказують на перспективність реалізації керування зв'язком за допомогою впливу екранів на умови розповсюдження хвиль у хвилеводі в порівнянні із традиційним способом, що передбачає маніпулюванням взаємним положенням хвилеводів. Також можна зробити висновок про гарну кореляцію між вибраними експериментальним і теоретичним методами моделювання.

Робота виконана при підтримці д/б тем № 52.22.02-02.15/173Ф та №52.22.02-01.16/18 3Ф.

СЕКЦІЯ 2

«Наноматеріали: властивості та застосування»

**Наночастицы золота на основе полицианидгидрохинона:
синтез и свойства**

Литвин В.А., канд. хим. наук

Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого,
м. Черкассы

Создание композитов на основе наночастиц золота является перспективным направлением материаловедения в связи с возможностью их использования в катализе, оптике, квантовой электронике, биомедицине.

Несмотря на довольно большое количество способов получения наночастиц металлов разработка новых технологий синтеза остается актуальной, поскольку от этого обычно зависит размер частиц, распределение их по размерам и другие свойства, что в значительной степени влияет на их дальнейшее практическое использование.

Цель данной работы – разработка технологии получения наночастиц золота в матрице полицианидгидрохинона и исследования свойств полученного продукта.

В основе предложенной технологии лежит реакция гидротетрахлораурата с полицианидгидрохиноном в щелочной среде. Полицианидгидрохинон благодаря наличию фенольных групп восстанавливает Au (III) к Au (0). Восстановленные атомы золота агломерируют с образованием кластеров золота, которые увеличиваются в размерах. Частично окисленный полицианидгидрохинон за счет хемосорбции препятствует дальнейшей агломерации кластеров и позволяет получать стойкие частицы золота с наноразмерами.

С использованием различных физико-химических методов проведено комплексное исследование свойств полученного продукта. В спектре поглощения синтезированного золя наблюдается один максимум при 520 нм, что свидетельствует о наличии сферических наночастиц золота. Это подтверждается также данными электронной микроскопии. На рентгеновской дифрактограмме фиксируются четкие рефлексы от кристаллографических плоскостей, характерных для кубической гранцентрированной решетки золота. Средний размер кристаллитов составляет около 50 нм. Наличие на поверхности наночастиц золота оболочки из полицианидгидрохинона подтверждено данными ИК-спектроскопии.

Формування нанопокриття леткими інгібіторами корозії

Воробйова В.І., канд. техн.наук; Трус І.М. канд. техн.наук.;
Скиба М.І., канд. техн.наук.

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

На сьогоднішній день найбільш технологічним і ефективним методом протикорозійного захисту є використання летких інгібіторів корозії (ЛІАК), що випаровуються при температурі навколишнього середовища і, адсорбуючись на його поверхні формують нанопокриття, забезпечують надійний захист металевого виробу. Актуальним є питання створення ЛІАК, що відрізняються не тільки ефективністю інгібування, але й екологічною безпекою [1]. У зв'язку з цим метою роботи стало дослідження захисних властивостей та структурних особливостей при формуванні наноплівки на поверхні металу із парової фази екологічно безпечного монотерпенового фенолу - тимолу. Морфологію сформованих покриттів досліджували методом растрової – електронної мікроскопії (рис.1).

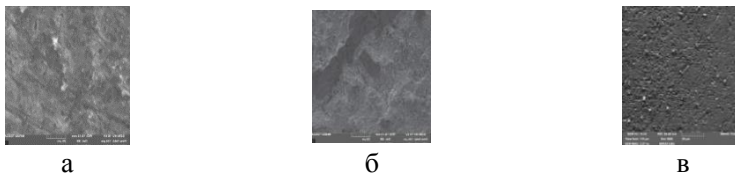


Рисунок - 1 Зображення, одержані методом РЕМ поверхні сталі після 24,48,72 годин формування захисної плівки із парової фази тимолу

Результати досліджень свідчать, що протягом 24-72 годин формується покриття різне за морфологічними особливостями та протикорозійною здатністю з товщиною близько 11 нм. Електрохімічними методами дослідження встановлено, що сформована плівка забезпечує захист на рівні 90%. З метою підтвердження непоганої адсорбційної здатності ЛІАК проведено спектрофотометричний дослід. Отримані спектри поглинання для ізопропанольних розчинів дозволили зробити висновки, що спектри змивів для тимолу, що спектри відрізняються від спектрів чистих речовин, з'являються екстремуми, що вказує на виникнення нових хімічних зв'язків, тобто утворюються нові сполуки тимолу з йонами заліза, утворення яких можливе при хімічній адсорбції, що підтверджує всі попередні дослідження.

Керівник: Чигиринець О.Е., д.т.н., професор; Фатєєв Ю.Ф., к.х.н.

Про застосування краплинної конденсації при опрісненні морської води

Гальченко І.В., *студент*; Затірка Н.О., *студент*; Шевченко О.М.,
студент; Гавриш А.С., *доцент*

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

Процес стиснення пари є надійною технологією опріснення морської води. Завдяки такій технології можна обробляти великі об'єми рідини з різною концентрацією солей. Була розроблена система опріснення води стиснутими парами. Дана система може працювати при високих значеннях температур. Теплообмінник із прихованою листовою оболонкою робочої поверхні сприяє покращенню процесу краплинної конденсації. Теплообмінна поверхня з обох боків покрита нанопокриттям на основі РТФЕ речовин різних модифікацій.

З точки зору фізичних закономірностей протікання процесів бульбашкового кипіння і краплинної конденсації простежуються спільні закономірності. При побудові моделі, яка віддзеркалює механізм процесу необхідно врахувати особливості розвитку відповідних фаз. Для конденсації фазовим утворенням є краплина конденсату, яка розвивається від початкового до відривного розміру. Аналогічно для бульбашкового кипіння розглядається окрема бульбашка пари і її розвиток в просторі і часі. Однак, процеси розвитку фазових утворень є досить швидкоплинними.

Розкриття закономірностей механізму процесу краплинної конденсації для первинного теплоносія і бульбашкового кипіння вторинного теплоносія пояснює високу інтенсивність таких процесів при застосуванні їх в опріснюючому обладнанні. Використання наноречовин дозволяє захистити поверхні від корозійно-ерозійних процесів. З іншого боку наявність на поверхні металу молекул наноречовини сприяє систематизації як чарункових моделей цілому так і моделей окремих фазових утворень.

1. A. Sanna, C. Hutter, D.B. Kenning, *Int. J. Heat Mass Transfer*. No 76, 45 (2014).

Superhydrophobic/superhydrophilic switching on the surface of ZnO microstructures caused by UV irradiation and argon ion etching process

Mostovyi U.R., Student; Rudyk Yu.V., Post-graduate student;
Turko B.I., Head of laboratory; Kapustianyk V.B., Professor
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

The superhydrophobic materials can be used in manufacturing of the devices and things with the self-cleaning properties (such as solar panels, textiles and building materials, such as glass, tile etc.), coatings with a low friction (such as vehicles), anti-corrosion, anti-icing and antisticking coatings, lab-on-chip devices, drug delivery etc. The effect of a surface morphology on the wettability of ZnO microstructures controlled by the argon ion bombardment or UV light has been investigated. ZnO microstructures of diverse morphology (granular-like, microneedles and microoctapods) are investigated using the water contact angle (WCA) analysis. The samples with a larger surface roughness and surface-to-volume ratio were found to possess a significantly higher water contact angle and the time of transition from the superhydrophobic to the superhydrophilic state. As the most hydrophobic structures (WCA = 157°) would be considered the complex microoctapods, containing both the macro- and nanoscale features.

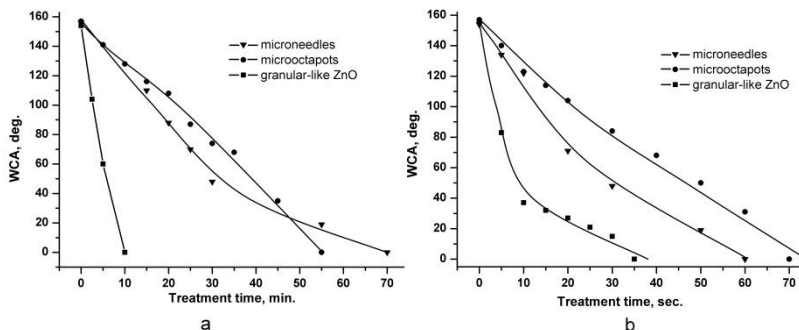


Figure 1 – Change of the water contact angle for ZnO of diverse morphology with time upon: UV irradiation (a) and low energy argon ion bombardment (b).

Динамічна в'язкість металонаноккомпозитів на основі полівінілхлориду

Левчук В.В., *старший викладач*

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Однією з головних причин розсіювання енергії ультразвуку є внутрішнє тертя в речовині або її динамічна в'язкість. Однак механізм виникнення в'язкості у високомолекулярних системах ще не з'ясований. З метою його з'ясування, досліджено величину динамічної в'язкості в полівінілхлориді (ПВХ) і гетерогенних полімерних системах (ГПС) на його основі, в широкій області температур і вмісту нанодисперсних порошків металів різної фізико-хімічної природи. ПВХ-композити містили нанодисперсні порошки міді (Cu), отримані двома різними методами. Перший – електричний вибух провідника в реакторі, де знаходився вихідний ПВХ. Другий метод полягав у синтезі нанодисперсного Cu шляхом відновлення міді з солі, пропусканням змінного електричного струму, перемішуванням суспензії ультразвуковим полем.

Показано, що при зростанні концентрації Cu в ПВХ-системах величина динамічної в'язкості зростає. Для поздовжньої та об'ємної деформації спостерігається немонотонне зростання динамічної в'язкості. Найменших значень вона набуває для вихідного матеріалу, а найбільших – при 3 об. % вмісту нанодисперсного Cu. На температурній залежності динамічної в'язкості в'язкопружних модулів для ПВХ і ПВХ+Cu спостерігається монотонний спад даної величини. Найбільш суттєві зміни величини динамічної в'язкості спостерігаються в області концентрацій наповнювача порядку 3,0 об. %. Введення нанодисперсної міді в ПВХ в діапазоні 0÷5,0 об. % дозволяє в більш широких межах варіювати комплекс акустичних властивостей полівінілхлоридної системи за рахунок гідродинамічного ефекту наповнення і адгезійної взаємодії на межі розділу фаз полімер-нанодисперсний метал. Показано, що динамічна в'язкість ПВХ-систем залежить від амплітуди деформації, температури, типу і вмісту наповнювача. Досліджено вплив міжмолекулярної взаємодії в ПВХ-системах на величину дисипації енергії в композиті.

Це відкриває перспективи використання ПВХ-композиту в якості звукоізоляторів та / або елементів акустичної техніки.

Роль азота в формировании нанокolonарных пленок нитрида углерода при реактивном магнетронном осаждении

Пасько М.И. *аспирант*; Прудников А.М., *канд. физ.-матем. наук*
Донецкий физико-технический институт им. А.П. Галкина, г. Киев

Наноструктурный нитрид углерода имеет большие перспективы применения от водородной энергетики до функциональных сенсорных элементов. Одним из методов получения такого рода материалов является магнетронное распыление. Особенностью магнетронного разряда является образование быстрых атомов и вторичных электронов в результате бомбардировки катода ионами, которые обеспечивают самоподдерживающийся разряд. Из-за большей плотности атомов распыляемого вещества по сравнению с плотностью атомов насыщенного пара происходит нуклеация пара, приводящая к образованию кластеров.

Задачей данной работы является определение всех возможных фаз нитрида углерода, получаемых кластерным магнетронным распылением углерода при различной концентрации азота (C_N).

В зависимости от температуры роста и концентрации азота были получены следующие фазы нитрида углерода:

- аморфная фаза, которая образуется при низких температурах (≤ 120 °C);
- графитоподобная фаза, которая образуется при более высоких температурах (≥ 300 °C) и низких концентрациях азота ~ 3 ат. %;
- алмазоподобная фаза – при температурах от 120 °C до 300 °C и при концентрации азота в менее 4 %;
- нанокolonарная структура – при умеренных температурах до 300 °C и концентрациях азота от ~ 4 -10 ат. %.
- фуллереноподобные структуры – при высоких температурах (≥ 150 °C) и концентрациях азота ~ 10 -25 ат. %;
- переходная фаза между нанокolonарной и фуллеренноподобной структурами;

Построена структурная Т-С-диаграмма нитрида углерода, получаемого при различных температурах подложки T_s и концентрациях азота C_N . Установлен кластерный характер получения пленок нитрида углерода методом магнетронного распыления.

Отримання вуглецевих нанотрубок у дуговому розряді

Старовойт А.Г., *професор*; Кеуш Л.Г., *аспірант*
Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ

Дуговий розряд є одним із найбільш ефективних методів отримання вуглецевих наноструктур (ВНС). При використанні такого методу на отримання ВНС впливає багато факторів, наприклад, струм дуги, тип вуглецевого прекурсора, що входить до складу анода, тиск, атмосфера у реакторі, каталізатор. Зазначені фактори впливають на кількість та тип отриманих ВНС. Найбільшою проблемою використання дугового розряду для отримання ВНС є підбір вуглецевого прекурсора, що входить до складу анода.

Нами запропоновано використання продуктів переробки вугілля, а саме, пековий кокс, середньотемпературний пек, кам'яновугільна смола у якості вуглевмісної сировини.

За допомогою скануючого електронного мікроскопа на рис. 1 зображено «павутиння» із вуглецевих нанотрубок діаметром приблизно від 10 до 50 нм.

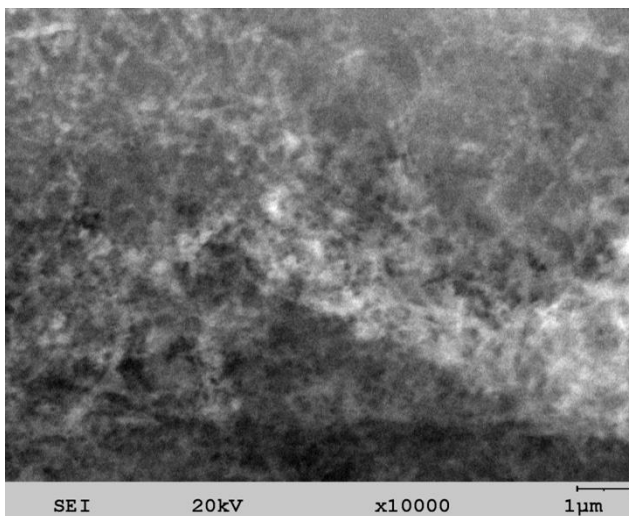


Рисунок 1 – «Павутиння» із вуглецевих нанотрубок

Особливості вирощування напівпровідникових шарів імпульсними методами рідиннофазної епітаксії

Цибуленко В.В., *молодший науковий співробітник*;
Шутов С.В., *старший науковий співробітник*
Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова
Національної Академії Наук України, лабораторія №23
м. Херсон

Вирощування напівпровідникових епітаксійних шарів імпульсними методами з рідинної фази має свої особливості. Справа в тому, що через малі розміри контейнерів і самого розчину-розплаву, а також, в деяких методах, через короткочасність контакту розчину-розплаву з робочою підкладкою, теплові процеси відбуваються набагато швидше за дифузійні процеси в розчині-розплаві.

Метою роботи є дослідження фазової рівноваги при використанні імпульсних методів вирощування напівпровідникових епітаксійних шарів з рідинної фази.

Розрахунки показали, що після контакту охолодженої робочої підкладки з насиченим розчином-розплавом, можна говорити про ріст з пересиченого/переохолодженого розчину-розплаву. Режим росту є дифузійний, тобто конвективною складовою масопереносу, у в'язкому легкоплавкому металі-розчиннику, можна знехтувати. Характеристичний час дифузії є набагато більше часу самого процесу. Отже, за час росту, зміна концентрації осаджуваного компонента біля робочої підкладки на вплине на концентрацію на зовнішній поверхні розчину-розплаву. У цьому випадку ріст відбувається, як би, з напівнескінченного розчину-розплаву.

Проведено моделювання процесів тепло- та масопереносу в діапазоні температур 650-850 °С для розчину-розплаву Ga-GaAs, за умов, що розчин-розплав має товщину 3.5 мм, робоча підкладка GaAs, товщиною біля 400 мкм, мала кімнатну початковою температуру. Знайдено, що швидкість охолодження на границі росту не є лінійною, і спадає з часом після різкого стрибка на початку процесу. Також в роботі показано, що при використанні короткочасного контакту розчину-розплаву з робочою підкладкою, можна проводити вирощування і при частково недосиченому розчині-розплаві на початок процесу росту. Знайдено критичну величину цього недосичення.

Теплоємність металонаноккомпозитів на основі ПВХ у рамках фрактального підходу

Сідлецький В.О., доцент

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Аморфні склоподібні полімери та системи на їх основі характеризуються термодинамічно нерівноважною структурою, що передбачає можливість опису їх властивостей з позиції фрактального формалізму. Традиційна теорія теплоємності Дебая з одним вільним параметром – характеристичною температурою Θ_D – поширюється на фрактальні простори з урахуванням ще двох «прихованих» параметрів – розмірності d_f фононного спектру і розмірності d , що визначає геометрію каркасу досліджуваної структури [1].

Досліджувалися композитів ПВХ+Cu, де наночастинки металу отримували методом електричного вибуху провідника. Об'ємний вміст наповнювача варіювався в межах від 0 до 0,5 об. %.

На основі виразу [2]

$$\ln C_v = \ln A + d_f \ln \left(\frac{T}{\Theta} \right), \quad (1)$$

де A – функція d_f , за експериментальними значеннями теплоємності в діапазоні температур 298-353 К при умові $\Theta = \Theta_D$ були розраховані значення інтегральної фрактальної розмірності структури ПВХ-систем.

Аналіз отриманих даних показує, що в склоподібному стані d_f залежить відконцентрації наповнювача. При цьому найбільш рівноважна структура реалізована в композитах ПВХ + 0,3 об. % Cu, а найменш рівноважна – у системах ПВХ + 0,1 об. % Cu. Встановлено, що квазірівноважний стан ПВХ-систем пов'язаний з інтенсивними морфологічними перебудовами, зокрема, з початком процесу формування граничного шару.

Значення фрактальних розмірностей d_f систем ПВХ, ПВХ + 0,1 об. % Cu та ПВХ + 0,5 об. % Cu близькі до 2, що відповідає шаровій структурі вказаних композитів.

1. В.М. Кузнецов, В.И. Хромов, *ЖТФ* **78**, 11 (2008).
2. Н.Н. Смирнова, и др., *Высокомолек.соед. (А)*, **11**, 2023 (2002).

Вплив тривалості ізотермічного відпалу активованих вуглецевих матеріалів на ємнісні характеристики електрохімічного конденсатора

Николук М.О., аспірант; Рачій Б.І., докторант

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника»,
м. Івано-Франківськ

Активовані вуглецеві матеріали (АВМ), які використовували у якості електродного матеріалу для електрохімічних конденсаторів, піддавали ізотермічному відпалу при температурі $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 30, 60, ..., 210, 240 хв. Із аналізу залежності C від t (рис. 1), найбільшу питому ємність показали серії зразків, які були піддані ізотермічному відпалу протягом 90 хв.

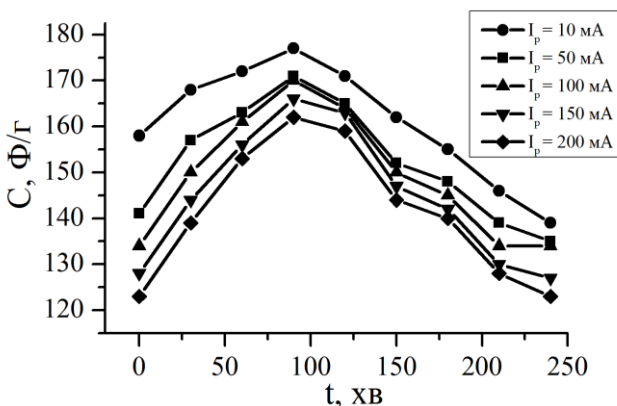


Рисунок 1 – Залежність питомої ємності (C , Ф/г) електрохімічного конденсатора від тривалості відпалу (t , хв. при $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$) при різних струмах розряду (I_p).

Встановлені оптимальні режими відпалу, при яких можна збільшити питому ємнісні характеристики активованих вуглецевих матеріалів для електрохімічних конденсаторів при ізотермічному відпалу протягом 60-120 хв, а також експлуатувати їх при високих швидкостях струму заряду/розряду більше 100 мА.

Керівник: Будзуляк І.М., професор

**Вплив методу отримання нанодисперсного металевого
наповнювача на діелектричні властивості полімерних
композитних матеріалів**

Максимцев Ю.Р., доцент

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Розвиток сучасної фізико-хімії полімерів ставить на меті пошук новітніх методів створення металонанодисперсних композитів. Поряд з цим широко використовуються різні способи модифікації уже існуючих полімерних матеріалів шляхом введення в них різноманітних додаткових інгредієнтів. Найбільш ефективними та перспективними з них є наповнення полімерів, що дає можливість значно змінювати фізико-хімічні характеристики отриманих матеріалів. Оскільки їх ефективність, як правило, обернено пропорційна до геометричних розмірів, тому використання наповнювачів нанорозмірних масштабів становить значний науковий та практичний інтерес.

Саме з цих позицій досліджені гетерогенні системи на основі промислового ПВХ-С65, очищеного від домішок переосадженням з розчину. Полімерні композитні матеріали готували введенням нанодисперсної міді, отриманої як методом електричного вибуху провідника, так і комбінованим електрохімічним методом. Кількість введеного наповнювача в ПВХ контролювали ваговим методом. Діелектричні властивості систем досліджували за допомогою моста змінного струму Р5083.

Проведені та проаналізовані дослідження впливу вмісту нанодисперсного металевого наповнювача, отриманого різними методами, на діелектричні властивості полімерних металонаповнених нанокомпонентних систем в широкому діапазоні змін частот та температури. Встановлено, що отримані нанодисперсні наповнювачі різної фізико-хімічної природи поверхні суттєво впливають на величину діелектричних характеристик отриманих систем.

Встановлено нелінійність функціональних залежностей $\varepsilon(\varepsilon', \varepsilon'') = f(\varphi, T, M)$, $\text{tg}\delta = \xi(\varphi, T, M)$, $\rho, (\rho_s) = \psi(\varphi, T, M)$ характеристикам композиту від вмісту (φ), температури (T) та методу (M) отримання наповнювачів. Вказана область практичного використання матеріалу.

Вакансії і дивакансії кремнію – наноструктурні формування, на основі яких можуть бути побудовані елементи приладів квантових інформаційних технологій

Марценюк Л.С., *старший науковий співробітник*
Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ

Фізика заплутаних станів, яка виникла як реалізація передбачень Е. Шредінгера і інших видатних дослідників, відкрила широкі перспективи для досліджень і практичних застосувань у сфері квантових інформативних технологій; у вивченні функціонування наноструктур живих організмів.

У представлений роботі проаналізовані літературні дані по експериментальним дослідженням властивостей бістабільних радіаційних дефектів, - вакансій і дивакансій кремнію (вакансія є бістабільним дефектом при низьких температурах) [1, 2].

Вперше показано, що для цих дефектів за певних умов (опромінення, подачі електричних імпульсів або дії квантами фотонного випромінювання.) можуть виникати такі квантові ефекти, як заплутування та інтерференційні переходи між квантовими станами мінімумів адіабатичної енергії.

Ці дефекти можуть знайти застосування як структурні елементи з двома можливими станами (кубіти).

Це вказує на перспективи використання таких дефектних структур, створених радіаційними технологіями, в пристроях квантових інформаційних систем.

1. Б.Н. Мукашев, Х.А. Абдулін та ін., *УФН* **2**, 170 (2000).
2. А.П. Долголенко, *ВАНТ* **5**, 81 (2012).

Влияние среды на фазовый состав синтезированного электровзрывным методом карбида молибдена

Цолин П.Л., младший научный сотрудник

Институт импульсных процессов и технологий Национальной
Академии Наук Украины, г. Николаев

Нанопорошки карбидов металлов используются в полупроводниковой промышленности, порошковой металлургии, для производства композиционных и керамических материалов с уникальными свойствами

Одним из способов получения нанопорошков карбидов металлов является метод электрического взрыва проводников (ЭВП) в газообразных и жидких углеводородах. Продукты электрического взрыва (ЭВ) содержат только часть карбидов, а полученные карбиды имеют дефицит углерода.

В данной работе проведен сравнительный анализ дифрактограмм продуктов ЭВП (рис.1), полученных при ЭВП в керосине и пасте, содержащей углеродные наноматериалы (УНМ). Синтез УНМ реализован методом разрядноимпульсной обработки углеводородных жидкостей [1]. Результат эксперимента показал перспективность использования пасты, содержащей УНМ, для синтеза нанопорошков карбидов металлов.

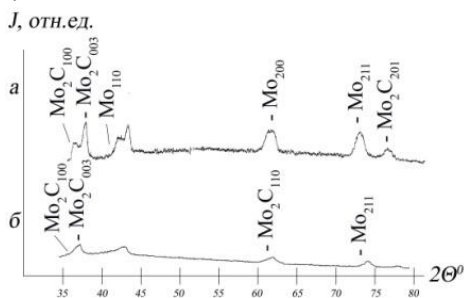


Рисунок 1 – Дифрактограмма продуктов ЭВП молибдена а) керосин, б) паста.

1. N.I. Kuskova, A.N. Yushchishina, et. al, *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* **46**,149 (2010).

Взаємозв'язок між теплофізичними та граничними механічними характеристиками металонанодисперсних полімерних систем

Колупаєв Б.Б., професор

Інституту кібернетики, Міжнародний економіко-гуманітарний
університет ім. акад. С. Дем'янчука, м. Рівне

Встановлення взаємозв'язку між властивостями наповненого нанодисперсними металами (Mo, Cu, NiCr) полівінілбутиралу (ПВБ) ґрунтується на законі зміни величини енергії взаємодії між структурними елементами композиту. Показано, що деформація кола головних валентностей (з розрахунку на одну міжатомну відстань) визначається гармонійною (β) та ангармонійною (γ) складовими коливань структуронів [1]. Встановлено, що модуль пружності $E = \beta/r_0$, а $r_0 = 1,7 \cdot 10^{-10}$ м при напрузі руйнування зразка $\sigma_p = \beta^2/4\gamma r_0^2$. Використовуючи елементи кінетичної теорії пружності полімерів та термодинаміку малих систем, показано, що найбільш пластичні композити (вміст наповнювача $3,0 \leq \varphi \leq 5,0$ об.% при \varnothing (17÷31) нм) володіють найбільшими значеннями коефіцієнта теплового розширення. Встановлено, що коефіцієнт теплопровідності $\lambda = \frac{\pi}{4} C_p \nu \rho L$ та між ефективною довжиною структурного елемента L і γ^2 існує прямопропорційна залежність. При $\nu = r_0(\beta/\mu)^{1/2}$ - швидкість УЗ-звуку ($\nu = 1,0$ МГц) в системі, величина $\sigma_p \sim \lambda^{1/2}$. Для залежності $\sigma_p = f(\nu)$; $\lambda = \psi(\alpha)$ характерний кореляційний зв'язок з коефіцієнтами: $r_{\sigma_p, \nu} = 0,936$ при $\alpha - const$ (α - коефіцієнт дисипації); $r_{\nu, \alpha} = 0,859$ при $\sigma_p - const$. Показано, що критерієм оцінки граничних (E , σ_p , α) механічних і теплофізичних (λ , C_p , T_c) характеристик ПВБ-систем слугує густина пакування кристалічної ґратки наповнювача [2], величина енергії інтра- та інtermолекулярної, іон-дипольної і донорно-акцепторної взаємодії. Розраховані характеристичні дебайвські температури, як основа визначення теплоємності (C_p) та теплостійкості (T_c) систем.

1. С.Я. Френкель, И.М. Цыгельный, Б.С. Колупаев, *Молекулярная кибернетика* (Львов: Світ: 1990).
2. Дж. Займан, *Принципы теории твердого тела* (М: Мир: 1966).

**Електрохімічні характеристики нанокompозитів $\text{FeF}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O} / \text{C}$
як катодних матеріалів для літійових джерел струму**

Мокляк В.В., старший науковий співробітник; Збіглей Л.З., аспірант
Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України, м. Київ

Фториди заліза широко вивчаються завдяки високим теоретичним питомим значенням енергії і потужності та вважаються катодними матеріалами наступного покоління для літійових джерел струму (ЛДС). Тим не менш, сполуки фториду заліза є поганими провідниками електричного струму внаслідок чого демонструють низьку роботу електрохімічного циклу. Передбачається, що формування композитів із струмопровідними компонентами може значно підвищити їх електрохімічні властивості.

В даній роботі гідротермальним методом з наступним термічним відпалом нами синтезовано трифториди заліза різного ступеня гідратації $\text{FeF}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ($n = 0; 0,33; 3$), для яких, згідно рентгенофазового аналізу, розміри областей когерентного розсіювання відповідно рівні 23, 26 та 42 нм. На їх основі методом ультразвукового помолу було отримано нанокompозити $\text{FeF}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ($n = 0; 0,33; 3$) / C (20 %), з яких в подальшому формувались катоди ЛДС. В якості електроліту застосовувався 1М розчин LiBF_4 в γ -бутиролактоні. Тестування лабораторних макетів ЛДС проводилось за кімнатної температури в діапазоні напруг 1,5-4,5 В в режимі 0,1 С. В результаті досліджень встановлено, що найкращі електрохімічні показники демонструє ЛДС на основі зразка $\text{FeF}_3 \cdot 0,33 \text{H}_2\text{O} / \text{C}$, питома розрядна ємність якого рівна 810 А·год/кг. При цьому для композитів $\text{FeF}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} / \text{C}$ та FeF_3 / C відповідно отримано значення 515 А·год/кг та 598 А·год/кг. Даний факт очевидно пов'язаний з наявністю в структурі фази $\text{FeF}_3 \cdot 0,33 \text{H}_2\text{O}$ гексагональних каналів, які забезпечують кращий іонний транспорт порівняно із фазами $\text{FeF}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ та FeF_3 , і водночас містять структурно зв'язану воду, яка запобігає їх структурному колапсу.

Керівник: Остафійчук Б.К., професор

Рентгеноспектральне дослідження особливостей електронної структури вуглець-кремнеземних порошкових композицій

Ільків Б.І.¹, науковий співробітник; Фоя О.О.¹, науковий співробітник; Петровська С.С.¹, науковий співробітник;
Бондаренко Т.М.¹, старший науковий співробітник; Лужний І.В.¹, аспірант, Ільків О.В.², аспірант, Зауличний Я.В.², професор

¹ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, м. Київ

² Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

Вуглець-кремнеземні порошкові композиції відіграють важливу роль в матеріалознавстві і можуть бути використані в хроматографії, аналізі на мікроелементи, як носії каталізаторів при очищенні води та інших фізико-хімічних процесах. Це обумовлює необхідність вивчення електронної структури даних матеріалів. Для вивчення енергетичного розподілу валентних Sp -, Op - та $Sisd$ -електронних станів необхідно дослідити їх рентгеновські емісійні $SK\alpha$ -, $OK\alpha$ -, $SiL\alpha$ -смуги. Рентгеновські спектри були отримані за допомогою рентгеновського спектрометра-монохроматора РСМ-500 з високою енергетичною роздільною здатністю 0,2 еВ.

Композиції вуглецю нашаровані механоактиваційним методом на наночастинки кремнеземів А50, А300, А500 (А – нанокремнезем, 50, 300, 500 – його питома поверхня (m^2/g)), з середніми розмірами частинок $d_{A50} = 52$ нм, $d_{A300} = 8,5$ нм та $d_{A500} = 5$ нм у масовому співвідношенні (1 : 1), проводились у кульовому млині з нержавіючої сталі.

Показано перерозподіл електронних станів від вуглецю до кремнію та кисню, що свідчить про Si-C-O-міжатомну взаємодію, тоді як перерозподіл електронних станів між киснем і вуглецем вказує на (C-O) $\rho\pi$ -взаємодію поверхневих атомів наночастинок кремнезему та атомів тонкого шару вуглецю, нанесеного на них.

Зміни, що спостерігаються в тонкій структурі рентгеновських емісійних $SiL\alpha$ - та $OK\alpha$ -смуг при переході від чистих нанокремнеземів до механоактивованих порошкових вуглець-кремнеземних композицій є наслідком утворення в них Si-C-O зв'язків.

Нанопористі вуглецеві матеріали для суперконденсаторів

Семенчук І. І., *аспірант*

Інститут проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича,
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

Нанопористі вуглецеві матеріали з органічної сировини рослинного походження набувають широкого застосування в якості електродних матеріалів для суперконденсаторів (СК). Використання таких матеріалів може здешевити СК, крім того матеріали володіють великими значеннями площі внутрішньої поверхні та питомих характеристик, а також є сировина широкодоступною та різноманітною.

В якості вихідної сировини була взята апельсинова шкірка, яка піддавалась високотемпературним процесам карбонізації та активації. Карбонізація проводилась при температурі 650 °С в трубчатій печі та при постійній відкачці протягом 60 хв. Активація відбувалась з додаванням активуючого реагента 30 % водного розчину КОН в карбонізований матеріал, а також витримувалась при високій температурі 850-900 °С в печі на протязі 40 хв. З отриманого нанопористого вуглецевого матеріалу збирався дослідний макет та вимірювались ємнісні питомі характеристики.

На рисунку 1 показано зміну питомої ємності від струму заряду та розряду, де видно значну зміну ємності при збільшенні заряд-розрядного струму. Кулонівська ефективність C_p/C_s при циклюванні зразка становила $\approx 0,98$.

Отриманий результат вказує на перспективність використання піролізного вуглецю, отриманого з рослинної сировини, в якості електродного матеріалу суперконденсаторів.

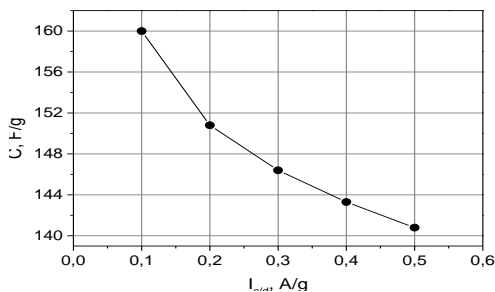


Рисунок 1– Залежність питомої ємності C (F/g) від питомої густини струму $I_{c/d}$ (A)

Синтез і електричні властивості нанодисперсного магній-заміщеного літійового фериту

Кайкан Ю.С.¹, *аспірант*; Кайкан Л.С.², *науковий співробітник*;
¹ ДВНЗ "Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника", м. Івано-Франківськ

² Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ

Магній-заміщені літійові ферити були синтезовані наступним чином: як вихідні реагенти використовувались водні розчини нітратів металів ($\text{FeNO}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{LiNO}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgNO}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$), взяті у відповідному молярному відношенні згідно стехіометрії очікуваних сполук, і лимонна кислота. Отримана система складу $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.3}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_4$ є однофазною шпінеллю просторової групи $\text{Fd}\bar{3}m$ з розмірами кристалітів ~ 35 нм. На рис. 1 представлена залежність логарифма провідності від оберненої температури (крива Ареніуса) з якого видно, що ділянки прямих, якими апроксимується дана залежність, мають різний нахил в області низьких і високих температур. Цим прямим відповідають різні значення енергії активації провідності постійного струму, а саме $\Delta E_1 \approx 1.42$ еВ, і $\Delta E_2 \approx 2.46$ еВ, що відповідають стрибковому і активаційному механізмам, відповідно.

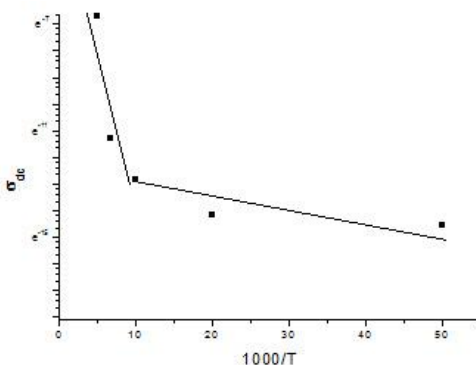


Рисунок 1 – Крива Ареніуса шпінелі складу $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.3}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_4$

Керівник: Остафійчук Б.К., *професор*

MD simulation of AlCoCuFeNi high-entropy alloy nanoparticleKushnerov O.I., *Associate professor*

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk

High entropy alloys (HEA) are metallic compounds containing from 5 to 13 metallic elements in equiatomic ratios. In HEAs, because of the high mixing entropy, formation of brittle intermetallic phases is usually avoided and simple solid solutions are rather stabilized (BCC and/or FCC). This study used molecular dynamics (MD) package LAMMPS to simulate the AlCoCuFeNi nanoparticle (NP) crystallization.

The MD simulation was performed using an EAM potential and NVT ensemble. The simulated NP was composed of 50000 atoms (Al, Co, Cu, Fe, Ni in equiatomic ratio) and the average size of NP was ~ 10 nm. System was heated up to 2300 K and subsequently annealed at this temperature for 200 ps. After this, the NP was quenched from a molten state at a rate of 1×10^{11} K/s to 300 K. After quenching the radial distribution function (RDF) was calculated for determining the average structure. Also the adaptive common neighbor analysis (CNA) was performed to get a precise understanding of which atoms are associated with which phases.

By the CNA analysis it has been established, that the simulated NP contains the FCC phase (15,1 %), BCC phase (31,5 %), HCP phase (9,5 %) and the unrecognized phase (43,9 %), which, in accordance with RDF, had an amorphous structure. The estimated BCC lattice parameter from the present MD simulations is 0,290 nm and the FCC one is 0,365 nm.

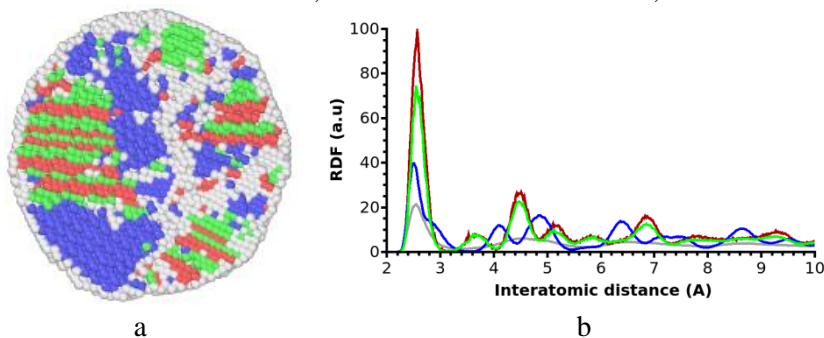


Figure 1 – Cross section of AlCoCuFeNi nanoparticle (a), calculated RDF patterns (b): ● – FCC, ● – BCC, ● – HCP, ● – other.

Фотокаталітичні властивості нанокомпозиту брукіт / анатаз

Мізілевська М.Г.¹, аспірант; Коцюбинський В.О.², професор;
Тадеуш О.Х.¹, доцент

¹ ДЗ "Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського", м. Одеса

² ДВНЗ "Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника", м. Івано-Франківськ

Діоксид титану як функціональний матеріал привертає значну увагу завдяки широкому спектру практичних застосувань. Серед поліморфних модифікацій TiO_2 , брукіт є порівняно мало вивченим, хоча його фотокаталітичні властивості в ряді випадків переважають характеристики анатазу. Метою роботи стало дослідження фотодеградації барвника метиленового блакитного (МБ). В якості еталону застосовувався матеріал P25 (Degussa). Зразки отримували методом гідротермальної обробки продуктів гідролізу тетрабутоксиду титану $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, отриманих за умови присутності кристалічного NaCl (вміст в реакційному розчині 0 М, 0.17 М та 0.25 М – зразки S0, S1 та S2, відповідно).

Мінімальною активністю (константа швидкості реакції $0,0062 \text{ хв.}^{-1}$) характеризувався матеріал S0 (склад - монофазний анатаз). Для зразка S1 швидкість реакції розкладання барвника збільшується, $K = 0,0168 \text{ хв.}^{-1}$, (вміст брукіту становить 40 мас. %). Зразок S2 (вміст брукіту домінує над анатазом і становить 90 мас. %) демонструє активність фотокаталітичної деградації, кращу ніж Degussa P25 ($0,0449$ та $0,0388 \text{ хв.}^{-1}$, відповідно). Питома площа поверхні матеріалів S0, S1 та S2 становить 45, 48 та $57 \text{ м}^2/\text{г}$, відповідно. Таким чином, основним фактором впливу на фотокаталітичну активність отриманих композитів брукіт/анатаз при інших рівних умовах можна вважати саме вміст фази брукіту.

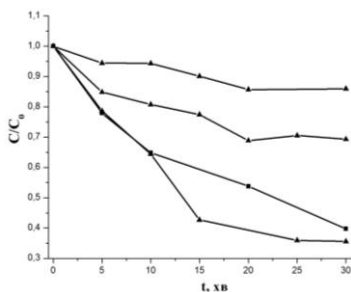


Рисунок 1 – Кінетичні криві фотодеградації барвника МБ, концентрації $15 \text{ мг}/\text{дм}^3$, на зразках S1(а), S2(б), S3 (в) та Degussa P25 (г).

Порівняльна характеристика моно- та багатошарових наноструктур на основі TiN/MoN

Лісовенко М.О. студент
Сумський державний університет, м. Суми

Актуальною темою матеріалознавства, є розвиток трибологічних властивостей захисних покриттів. Вагомим внеском у цьому питанні вважається дослідження наноструктур. У даному випадку розглянуто результати комплексних досліджень наноструктурних покриттів TiN і MoN, а також багатошарові структури з TiN/MoN. Можна відмітити, що чергування наношарів нітридів титану і молібдену призвело до поєднання сильних якостей цих моно-структур, насамперед зносостійкість, твердість та стійкість до корозії і окислення.

Покриття були отримані сучасним методом катодно-дугового осадження. Особливістю порівняння є врахування напруги підкладки покриття та товщини наношарів. При малому потенціалі підкладки – 40 В і нанесенні наношарів товщиною близько 2 нм в покритті формується тільки одна фаза з ГЦК структурою. Збільшення потенціалу підкладки до – 230 В призводить до формування системи з TiN і високотемпературної фази γ -Mo₂N, а їх співвідношення збільшується відповідно збільшенню товщини наношарів. Причиною такого двофазного стану може бути саме інтенсивне бомбардування іонами, що сприяє подрібненню нанозерен і початку формування між фазних границь. Було встановлено 2 механізми руйнування: когезійне, при мінімальному критичному навантаженні L_{C1} , і адгезійне, при появі першої тріщини L_{C2} . Експериментальні дослідження підтвердили, щонайкращі властивості серед досліджуваних зразків мають саме багатошарові наноструктурні покриття TiN/MoN загальною товщиною до 8,4 мкм і товщиною бішару до 8 нм.

За комплексного аналізу було показано, що ці покриття є перспективними для використання в якості захисних покриттів для ріжучих інструментів, стінок хімічних і ядерних реакторів.

Керівник: Погребняк О.Д., *професор*

1. Pogrebnjak A.D., et al., *Acta Phys. Polon.* **125**, 1280 (2014).
2. Beresnev V.M., et al., *J. Friction Wear* **35**, 374 (2014).

Моделювання плавлення біметалевих наночастинок методами молекулярної динаміки

Реброва К.С., студент; Кравченко Я.О., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Металеві наночастинок широко застосовуються в багатьох галузях наноелектроніки як складові частини різноманітних пристроїв [1]. На теперішній час існує велика кількість методів синтезу та фабрикації наночастинок різних металів потрібної форми та будови [1, 2]. Більшість фізичних, хімічних та електричних властивостей наночастинок сильно залежать від розмірів, структури та хімічного складу, тому температурна стабільність таких об'єктів важливим питанням наноелектроніки [2, 3].

Одними з найпоширеніших металів, що використовуються для фабрикації наночастинок є золото і срібло. Зазначені метали мають гранецентровану кубічну кристалічну решітку зі сталими 0.4078 (Au) та 0.4086 (Ag) нанометрів, а отже можуть відносно легко поєднуватись в нанорозмірних сполуках [2].

У запропонованій роботі був досліджений процес температурного плавлення біметалевої Au-Ag наночастинок за допомогою моделювання методами класичної молекулярної динаміки. Поведінку досліджуваної наночастинок було розглянуто в діапазоні температур 300-1300 К. Виходячи з отриманих з моделювання даних, для зазначених температур були розраховані кількісні параметри, що описують структурний стан наночастинок, а саме значення показника Ліндемана а також функції радіального розподілу атомів до і після плавлення. З розрахованих параметрів було визначено що плавлення біметалевої Au-Ag наночастинок відбувається при температурі приблизно 900 К.

Керівник: Борисюк В.М., докторант

1. R.G. Chaudhuri, S. Paria, *Chem. Rev.* **112**, 2373 (2012).
2. M. Tsuji, N. Miyamae, et al., *Crystal Growth Design* **6**, 1801 (2006).
3. H.A. Alarifi, M. Atis, et al., *J. Phys. Chem. C* **117**, 12289 (2013).

Дослідження колективних ефектів у суміші наночастинок неправильної форми

Ющенко О.В., доцент; Руденко М.А., студент
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Проблеми, пов'язані з описом руху наночастинок, є надзвичайно актуальними на сьогоднішній день. Завдяки контрольованому руху наночастинок можна створювати новітні матеріали з заданими властивостями, збирати мікро- та нано-пристрої, слідкувати за ходом каталітичних реакцій і т. ін.

При теоретичному дослідженні руху ансамблю наночастинок дуже важливу роль відіграють колективні ефекти. Було виявлено [1], що між твердими частинками неправильної форми за рахунок активного обертального руху виникає ефективна взаємодія, яка призводить до різних станів системи, що можна розглядати, як фазові перетворення. Якщо наночастинки, що обертаються, занурені в рідину, то стає відчутною гідродинамічна взаємодія, яка може бути як притягувальною так і відштовхувальною складовою формування вихрових рухів. В роботі [1] таку взаємодію активних сил з кутовою швидкістю назвали активним обертанням, а за основу моделі взяли рівняння Ланжевена для поступальної та кутової швидкості руху з урахуванням маси та моменту інерції частинки.

В нашому дослідженні запропонована аналітична схема з урахуванням колективних ефектів та активної взаємодії ансамблю наночастинок довільної форми на основі моделі, досліджуваної в роботі [1]. Базуючись на більшості експериментальних робіт, де додаткова енергія наночастинкам надавалася в результаті хімічних реакцій, впливу вібрації або випромінювання, ми зосередились на дослідженні руху частинок, коли перетворений притік енергії призводить до обертального руху, який впливає на поступальну рухливість частинок. При цьому врахування колективних ефектів було відтворено за допомогою синергетичної моделі, що самоузгодженим чином описує системи, що самоорганізуються. В результаті була описана спільна динаміка та складна фазова поведінка ансамблю наночастинок неправильної форми.

1. H. Nguyen, D. Klotsa, et al., *PRL* **112**, 075701 (2014).

Метод формування ультратонких металевих плівок

Манжола Б., студент; Солдатенко Ю.О., доцент;
Корнющенко А.С., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Для деяких сучасних практичних проблем наноплазмоніки, пов'язаних з передачею оптичного сигналу через багат шарові метало-діелектричні структури, ставиться технологічна задача створення надтонких і суцільних металевих плівок. При малих товщинах металевих прошарків відбувається зв'язування поверхневих плазмонів. Зазвичай отримати суцільні шари товщиною порядку десятка нанометрів і нижче складно внаслідок проблеми перколяції [1], оскільки при малій кількості осажденої речовини металева плівка зростає по механізму Фольмера-Вебера через формування тривимірних острівців. Очевидно, для того щоб плівка була суцільною, потрібно зрощувати острівці, що підвищує товщину, або попереджувати формування острівців, наприклад, шляхом підвищення енергії зв'язку атомів з підкладкою. Співвідношення енергій зв'язку атом-атом та атом-підкладка визначається матеріалами [2]. Підсилити зв'язок атом-підкладка можна за рахунок підвищення енергії осаджуваних атомів так, щоб вони проникали в підкладку на певну незначну глибину. Якщо порівнювати термічне випаровування та магнетронне розпилення, то розпилені атоми мають підвищені енергії порядку одиниць електрон-Вольт. Цього достатньо, щоб створити на початковому етапі розупорядкований підповерхневий шар, на якому далі зростає розупорядкована фаза, близька до аморфної. В даній роботі на прикладі конденсації хрому та срібла в умовах квазірівноважної стаціонарної конденсації у високочистому інертному середовищі аргону спостерігався ріст такої фази товщиною порядку одиниць нанометрів. Нерівноважність фази призводить до утворення кристалітів після досягнення деякої товщини. Надалі необхідно дослідити в ній особливості поверхневого плазмонного резонансу.

1. Y. Liu, Ch.-F. Guo, et al., *J. Materiomics* **1**, 52 (2015).
2. В.М. Иевлев и др., *Структурные превращения в тонких пленках* (Москва: Металлургия: 1988).

Дослідження нітридів високоентропійних сплавів (TiZrHfVNb)N

Кириченко О.В. студент

Сумський державний університет, м. Суми

Створення та фундаментальне дослідження нано- та субструктурних плівок та покриттів є одним із найперспективніших напрямків розвитку нанотехнологій і отриманні нових матеріалів, для подальшого використання таких покриттів з метою поліпшення механічних та фізико-хімічних властивостей металів і сплавів. Особливий інтерес для дослідження представляють нітриди на основі високоентропійних сплавів.

Високоентропійні сплави (ВЕС) – це багатокомпонентні сплави, що містять п'ять або більше основних елементів, змішаних в еквіатомних співвідношеннях. Вони містять не менше п'яти основних компонентів, і концентрація кожного з них може становити від 5 до 35 ат. %. Також, ці сплави володіють максимально високою ентропією змішення, і, як наслідок, мінімумом енергії Гіббса. І це робить концепцію високоентропійних сплавів інноваційної в області розробки сплавів. Дослідження фазового складу високоентропійних сплавів показують, що в ВЕСах формується переважно одна фаза твердого розчину з ГЦК та/або ОЦК решітками, або ж аморфна фаза, і не спостерігається формування безлічі різних фаз. Така стабільність структури сприяє підвищенню фізико-механічних характеристик ВЕСів.

Одержання нітридних покриттів проводилося методом вакуумно-дугового випаровування катоду в установці «Булат-6».

Дослідили структуру, склад та властивості нітридів високоентропійних сплавів (TiZrHfVNb)N. У таких сплавах формується переважно одна стабільна фаза, завдяки високій ентропії змішання багатокомпонентних систем. Це сприяє підвищенню їх фізико-механічних властивостей.

Робота містить результати дослідження та аналізу сплава: зображення поверхні, морфологія, трибологічні випробування, аналіз продуктів зношування, а також ділянки зношування.

Керівник: Погребняк О.Д., професор

Мультифрактальний аналіз будови поверхонь наноструктурованих сполук

Сивокозов С.М., студент; Кравченко Я.О., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Для аналізу отриманих за допомогою електронної мікроскопії цифрових зображень поверхні матеріалів, може бути використаний статистичний підхід на основі теорії фракталів, що має назву «Мультифрактальний флуктуаційний аналіз» [1]. В рамках такого підходу цифрове зображення розглядається як двовимірний масив даних, в якому індекси елементів відповідають індексам пікселів вихідного зображення, а самі елементи будуть задаватися значеннями яскравості відповідних пікселів. Дослідження структурних властивостей поверхонь матеріалів методом МФФА обумовлене тим, що, зазвичай, такі поверхні мають самоподібну (або самоафінну) будову а отже потребують спеціальних методів аналізу для кількісного опису мікротопології [2].

В запропонованій роботі методом мультифрактального флуктуаційного аналізу було досліджено мікроструктуру поверхонь високоентропійних сполук (Ti-Zr-Hf-V-Nb)N, отриманих при різних параметрах осадження [3]. Вказаним методом для моделей поверхонь були розраховані такі статистичні параметри як флуктуаційна функція, узагальнений показник Херста та спектр мультифрактальних розмірностей [1]. Також були проаналізовані значення отриманих кількісних параметрів, що описують мікроструктуру поверхні зразка в залежності від умов його отримання

Результати дослідження отримані в рамках держбюджетної тематики 52.22.02-01.15/17.3Ф.

Керівник: Борисюк В.М., докторант

1. G. Gu, W. Zhou, *Phys. Rev. E* **74**, 11 (2006).
2. J. Feder, *Fractals* (New York and London: Plenum press: 1998).
3. А.Д. Погребняк, В.Н. Борисюк та ін., *Ж. нано-електрон. фіз.* **6**, 04018 (2014).

Механізми підвищення міцності покриттів на основі систем Ti-W-C і Ti-W-B, осаджених на металеву підкладку

Шовкопляс О.А.^{1,2}, старший викладач; Соболев О.В.², професор

¹ Сумський державний університет, м. Суми

² Національний технічний університет “ХПІ”, м. Харків

На основі одержаних даних структурної інженерії в роботі описана схема руйнування матеріалу покриття під дією прикладеного точкового осесиметричного навантаження в структурі “тверде покриття – пластична підкладка” [1] і запропонована модель самоузгодженого підвищення міцності в такій структурі внаслідок підвищення механічних характеристик покриттів шляхом розпаду твердого розчину в системах W-Ti-C і Ti-W-B до стадії утворення двофазного стану.

Основна частина досліджуваних роботі покриттів має товщину $h = 1-1,7$ мкм, тому критичними для руйнування є не тільки фізико-механічні властивості і напружено-деформований стан самих зразків, а й співвідношення пружних характеристик і твердості покриттів та підкладки. Під дією точкового навантаження в іонно-плазмовому покритті з твердих розчинів на стадії їх упорядкування утворюється кільце-тріщина на верхній поверхні.

До найбільш перспективних механізмів зміцнення матеріалу при підвищенні температури і розвитку великих напружень є механізм розшарування твердих розчинів за спінодальним типом, який протікає в твердорозчинних фазах досліджуваних іонно-плазмових покриттів карбідних і боридних квазібінарних систем.

Необхідно зазначити, що розшарування в твердих розчинах диборидів, для яких характерно утворення більш стійких (з великою теплою утворення) фаз, приводить до більшого підвищення твердості порівняно з таким самим процесом в карбідах.

Робота виконана в рамках держбюджетної НДР “Розроблення матеріалознавчих основ створення композиційних матеріалів з високими фізико-механічними властивостями” (державний реєстраційний номер 0115U000508, Міністерство освіти і науки України).

1. В. R. Lawn, *J. Mater. Res.* **19**, 22 (2004).

Використання методу зарядової щільності для обчислення аксіально-симетричного неоднорідного магнітного поля

Барсегян Н.М., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Дана робота присвячена реалізації алгоритму розрахунку аксіально-симетричного неоднорідного магнітного поля на базі методу зарядової щільності (МЗЩ), котрий призначений для задач електростатики. Не зважаючи на ряд обмежень, різні автори, наприклад [1], допускають можливість введення «магнітних зарядів» та «магнітних потенціалів» в МЗЩ для подальшого розрахунку напруженості статичних магнітних полів. У роботі були вивчені відомі обмеження використання МЗЩ, розроблено чисельний алгоритм для моделювання конкретної магнітооптичної системи, що використовується лабораторному генераторі дифракційного випромінювання, і проведені серії розрахунків.

Напрацьована раніше методика реалізації МЗЩ для обчислення магнітних полів, разом з попередніми результатами, викладена в [2], тому зупинимося лише на порівняльному аналізі та коментарі про можливість застосування МЗЩ для даного завдання.

По-перше, порівняння з експериментальними результатами показало гарне узгодження (кореляція 1-3 %). Однак така кореляція можлива лише після підбору оптимальних стартових величин «магнітних потенціалів» полюсних «магнітних електродів».

По-друге, як показано в [1], МЗЩ застосовується лише для магнітних полів, створюваних постійними струмами і при використанні матеріалів для полюсів з магнітною проникністю, котра прагне до нескінченності.

У висновку відзначимо, що використовуючи МЗЩ були отримані чисельні результати розрахунку аксіально-симетричного неоднорідного магнітного поля при задовільній кореляції з експериментальними даними.

Керівники: Дрозденко О.О., доцент; Кривець О.С., доцент

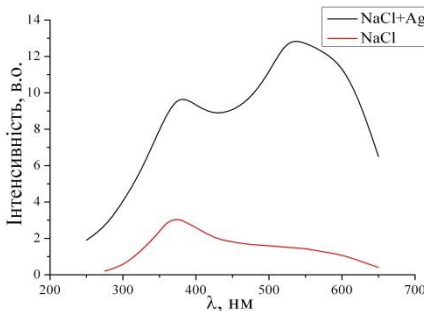
1. М. Силадьи, *Электронная и ионная оптика* (Москва: Мир: 1990).
2. Г.С. Воробьев, А.А. Дрозденко, И.В. Барсук, *КрыМиКо*, 149 (2009).

Емісія фотонів з поверхні кристалу NaCl з нановключеннями Ag при електронному опроміненні

Кузьма В.В., науковий співробітник; Коноплев О.М., доцент;
Митропольський І.Є., доцент;
Буксар В.С., молодший науковий співробітник
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород

Мета роботи – визначити фотонний відгук поверхні кристалу NaCl з наночастинками срібла при опроміненні електронами (400–1000 еВ). Наночастинки Ag розміром 10–80 нм наносили на поверхню кристалу методом осаду.

На рисунку показано спектри електрон-фотонної емісії чистого та з нановключеннями Ag кристалу NaCl. При бомбардуванні чистого NaCl спостерігається смуга випромінювання з максимумом при $\lambda = 375$ нм, природа якої пов'язана з рекомбінацією електронів з V_k – центрами та випромінювальною рекомбінацією екситонів з утвореними вакансіями. Опромінення зразка NaCl + Ag призводить до появи в спектрі смуги з максимумом при $\lambda = 530$ нм, яка є результатом



випромінювального розпаду плазмонів наночастинок Ag, збуджених електронами. Враховуючи [1, 2], можна припустити, що положення цієї смуги визначається комплексним впливом властивостей наночастинок і характеристик їх оточення. Положення максимуму та ширина спектра плазмонних

коливальних наночастинок свідчать про утворення на поверхні наночастинок Ag оболонок з натрію, що мають більш високий показник заломлення, порівняно з вакуумом, та про зміну розміру кластерів наночастинок під дією електронного бомбардування.

1. C. Noguez, *J. Phys. Chem. C*. Vol. **111**, 3806 (2007).
2. D. Lantiat, D. Babonneau, S. Camelio, F. Pailloux, *J. Appl. Phys.* 102, 113518 (2007).

СЕКЦІЯ 3

**«Матеріалознавство мікро- та
наноелектроніки»**

Магніторезистивні властивості тришарових плівок Co/Dy/Ni

Шабельник Т.М., аспірант

Сумський державний університет, м. Суми

Багатошарові плівкові системи на основі рідкоземельних елементів (R) та перехідних металів групи заліза (Т) є перспективними матеріалами для практичного застосування в якості магнітооптичного середовища для запису інформації. Дана робота присвячена встановленню загальних закономірностей впливу температури термообробки на магнітні властивості мультишарів на основі Co, Ni і Dy при зміні їх орієнтації у зовнішньому магнітному полі.

Тришарові плівкові системи П/Co(20)/Dy(*n*)/Ni(5) були отримані методом електронно-променевого осадження на підкладку з ситалу. Дослідження магнітоопору (МО) проводилося за 4-х точковою схемою вимірювання. Термообробка зразків здійснювалась шляхом нагрівання до $T_a = 600, 800$ та 1000 з послідуною витримкою при цих температурах та охолодженням до кімнатної.

Дослідження показали, що незалежно від товщини прошарку з рідкоземельного металу у системах проявляється анізотропний характер залежності МО. Для плівок у свіжосконденсованому стані максимальне значення величини МО становило 0,6 % і спостерігалось для зразка П/Co(20)/Dy(30)/Ni(5) у перпендикулярній геометрії вимірювання. При переході від перпендикулярної до поперечної геометрії вимірювання величина МО зменшувалася приблизно в три рази. Термообробка до 600 К та 800 К суттєво не впливала на величину магнітоопору.

Нами було розраховано величину чутливості плівок (S) до магнітного поля для тришарової плівки П/Co(20)/Dy(30)/Ni(5) у свіжосконденсованому стані та після термообробки. Показано, що у плівці П/Co(20)/Dy(30)/Ni(5) до термообробки величина S становила 0,0025 %/мТл. За рахунок відпалювання вона зросла до 0,004 %/мТл. Порівняння отриманих значень з величиною чутливості комерційних магнітних АМР-датчиків демонструє співрозмірність цих величин, що дозволяє розглядати досліджувані плівкові системи як матеріали для створення чутливих елементів таких датчиків.

Керівник: Черноус А.М., професор
Магніторезистивні властивості плівкових матеріалівШумакова М.О., магістрант
Сумський державний університет, м. Суми

На даний момент накопичений великий об'єм результатів щодо властивостей багатошарових плівкових наноматеріалів як елементів сенсорів температури, деформації, тиску, магнітного поля та ін. Не дивлячись на те, що в цьому напрямі матеріалознавства є великі досягнення, ряд питань стосовно фізичних процесів у плівкових наноматеріалах носить проблемний характер. Для якісного пояснення ролі процесів розсіювання електронів та прогнозування властивостей тришарових плівок на основі немагнітних металів у роботі запропонована напівфеноменологічна модель, яка описує процеси розсіювання електронів при реалізації явища магнітоопору (МО).

Важливими магніторезистивними характеристиками є магнітні коефіцієнти, фізична природа яких полягає в тому, що сила Лоренца обумовлює зміну середньої довжини вільного пробігу електронів, а магнітні ефекти – зміну коефіцієнтів дзеркальності зовнішніх поверхонь плівки (p), проходження межі зерен (r) та інтерфейсів (Q_{ij}). Кількісною характеристикою МО виступає т.зв. магнітний коефіцієнт опору β_B , величина якого визначається польовою залежністю не тільки середньої довжини вільного пробігу електронів, а і коефіцієнтів p , r та Q_{ij} . Отримано, що величина β_B для плівок Pd, Fe та Pd/Fe/Π (Π – підкладка) товщиною 10 нм дорівнює [1]:

$$\beta_B^{\text{Pd}} = -1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}^{-1} \text{ (або } 1,4 \text{ \% /Тл); } \beta_B^{\text{Fe}} = - (2,5-5,0) \cdot 10^{-2} \text{ Тл}^{-1};$$

$$\beta_B^{\text{Pd/Fe}} = -2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}^{-1} \text{ відповідно. Для багатошарових плівкових матеріалів величина } \beta_B \text{ змінюється в межах } (0,7-7,7) \text{ \% /Тл (система [Fe/Cr/Fe]}_n/\Pi \text{ (} n = 3-7)) \text{ та } - (3,0-8,7) \text{ \% /Тл ([Fe/Cu/Fe]}_n/\Pi \text{ (} n = 3-9)).$$

Таким чином, наявність магнітного шару в плівковій системі може змінити величину магнітного коефіцієнта опору на декілька одиниць %/Тл.

1. I.Yu. Protsenko, L.V. Odnodvovets, S.I. Protsenko, M.O. Shumakova, *Problems Atomic Sci. Technol.* No 1 (101), 121 (2016).

Керівники: Проценко С.І., професор;

Однодворець Л.В., доцент

Магнітооптичні властивості плівкових систем Co/Ag/Co

Коропок В.В., студент; Шабельник Ю.М., асистент;

Пазуха І.М., старший викладач

Сумський державний університет, м. Суми

Робота присвячена аналізу експериментальних даних стосовно кореляції структурно-фазового стану та магнітооптичних властивостей плівкових систем на основі Co та Ag, що отримані пошаровим осадженням з наступним термовідпаленням до 700-900 К.

Структурно-фазовий склад даної плівкової системи був вивчений та описаний у нашій попередній роботі [1]. Згідно дифракційних та електронно-мікроскопічних досліджень невідпалені системи типу Co/Ag/Co/П (П-підкладка) мають двофазний склад, який відповідає ГЦК-Ag та ГЦП-Co з параметрами ґратки $a = 0,407$ та $0,250$ нм відповідно. Після термовідпалення до 700 К і вище відбувається утворення твердого розчину (т.р.) ГЦК-(Ag_s) на основі кристалічної решітки Ag, при цьому також можна спостерігати лінії і від ГЦП-Co та ГЦК-Co, що свідчить про те, що тільки деяка частина атомів Co приймає участь у формуванні т.р. Аналіз експериментальних досліджень систем із концентрацією $c_{Co} = 15-90$ ат. % показав, що оптимальною для утворення стабільного гранульованого сплаву є концентрація магнітної компоненти 40-60 ат. %.

Для підтвердження висновку щодо утворення гранульованого плівкового сплаву системі на основі Co та Ag було проведено дослідження магнітооптичних властивостей. Використання проміжного шару Ag приводить до різкого збільшення коерцитивної сили (B_C) в порівнянні з одношаровими плівками Co. Термовідпалення зразків до 700-900 К приводить до подальшого збільшення коерцитивності з 15 до 40 мТл. Тенденція до збільшення коерцитивної сили та намагніченості насичення (B_S) у таких системах спостерігається і при повороті зразка у магнітному полі на кут $0^\circ-90^\circ$ від 10 до 20 мТл (B_C) та від 10 до 25 мТл (B_S). Ці факти можуть свідчити про формування гранульованого стану в системі.

1. І.М. Пазуха, Ю.М. Шабельник, І.Ю. Проценко, *ФХТТ* **13** № 4, 907 (2012).

**Магніторезистивні властивості високоентропійних
плівкових матеріалів**

Дуля Д.В., аспірант; Воробйов С.І., молодший науковий співробітник; Кондрахова Д.М., молодший науковий співробітник
Сумський державний університет, м. Суми

В останні роки велика увага приділяється розробці та дослідженню багатокомпонентних сплавних матеріалів. Серед них надзвичайно перспективні так звані високоентропійні сплави – сплави, які складаються мінімум з п'яти компонентів із концентрацією $5 \leq c_i \leq 35$ ат. % і ентропією змішування не менше 1 Дж/(моль·К). Незважаючи на велику кількість досліджень з даної тематики дослідження плівкових матеріалів на основі таких сплавів майже не проводилися. В той час є підстави вважати, що властивості тонкоплівкових високоентропійних сплавів відрізняються від їх масивних аналогів. В рамках даної роботи була розроблена методика отримання плівкових зразків товщиною до 100 нм та були досліджені магніторезистивні властивості таких систем.

Плівки були отримані шляхом пошарової конденсації електронно-променеви́м методом у вакуумі порядку 10^{-4} Па. Швидкість конденсації становила 0,04-0,06 нм/с. Для контролю товщини застосовувався метод кварцового резонатора. Температура підкладки при конденсації становила 300 К. Були отримані наступні зразки: П/Fe/Ni/Cu/Co/Al/Cr, П/Fe/Ni/Cu/Co/Al/Cr/Ti, П/Ni/Fe/Cr/Co/Cu/Al, П/Ni/Fe/Cr/Co/Cu/Al/Ti.

Для плівкових систем характерна присутність осі намагнічування і при зміні кута орієнтації зразка від 0° до 90° спостерігається деяке зменшення величини МО (від 0,12 % до 0,07 %) та значне зменшення коерцитивної сили B_c (від 129,31 мТл до 14,16 мТл). Після термовідпалювання зразків до 800 К характер залежності МО від B_c не змінюється, проте збільшується область насичення та загальне значення коерцитивної сили.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

Структурні характеристики вуглецевих нанотрубок

Самусь А.А., магістрант; Шумакова Н.І., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Більше двадцяти років вуглецеві нанотрубки (ВНТ) привертають до себе увагу. Така зацікавленість пов'язана з їх незвичайними властивостями: високі міцність і пружність, електропровідність та теплопровідність. Можливість застосування вуглецевих нанотрубок у різних пристроях електроніки стимулює проведення досліджень як електронних, так і структурних характеристик. Дана робота присвячена дослідженню структурних характеристик вказаних нанотрубок. Для їх приготування був подрібнений масивний зразок у вигляді неупорядкованого масиву нанотрубок, а отриманий порошок помістили у середовище етилового спирту в пропорції 1 : 10. Для проведення електронно-мікроскопічних досліджень нанотрубки були нанесені на вуглецеву плівку, попередньо виловлену на мікроскопічну сіточку, за допомогою ультразвукового диспергатора УЗДН-А

Зразки досліджувалися методом електронної мікроскопії (прилад ПЕМ-125К). Інтервал збільшень $(10-20) \cdot 10^3$ разів. На (рис. 1а) проілюстрована велика кількість модифікацій вуглецю відмінних від нанотрубок, на краях даних масивів помітні утворення дефектних ВНТ (деякі відкриті, не повністю сформовані стінки і т.д.). Поряд із цим можна зафіксувати області, в яких візуалізуються окремі нанотрубки або їх сімейства (рис. 1б). Результати обробки

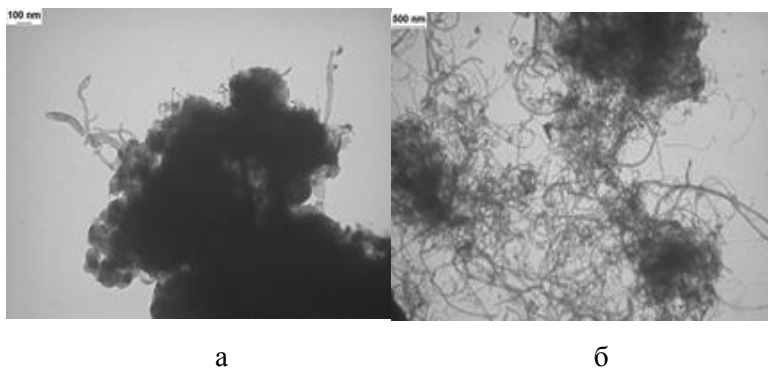


Рисунок 1 – Мікроструктура вуглецевих нанотрубок.

Таблиця 1 – Результати досліджень геометричних розмірів нанотрубок.

$n \cdot 10^{12},$ $1/\text{м}^2$	$l, \text{нм}$	$D, \text{нм}$	Кількість шарів
0,5	3530	74	70-74
0,67	2940	64	61-64
0,93	2650	60	57-60
0,57	2280	96	93-97
0,79	1840	63	60-63
2,2	1420	26	22-25
2,1	1080	46	42-46
2,7	720	29	25-29
4,0	520	30	26-30
7,7	380	23	19-23

мікроснімків представлені у таблиці 1.

Проведені дослідження вказують на те, що використана нами методика може бути застосована для отримання вуглецевих матеріалів із нанотрубок.

1. С.В. Міщенко, А.Г. Ткачов, *Вуглецеві наноматеріали. Виробництво, властивості, застосування* (М.: Машинобудування, 2008).

Формування острівців фулериту C_{60} на вуглецевій підкладці

Скубко В.О., *магістрант*; Шумакова Н.І., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

В останні роки великий інтерес для дослідників представляє фулерен C_{60} . Унікальні електронні, електричні, механічні та оптичні властивості фулеренів в конденсованому стані вказують на перспективи використання цих матеріалів у електроніці, опто- і наноелектроніці та інших галузях техніки.

Метою роботи було розробка методики отримання плівок на основі фулерену C_{60} з метою подальшого дослідження їх електрофізичних властивостей. Плівкові зразки були отриманні з використанням технології вакуумного термічного осадження або методом ультразвукового напилення за допомогою диспергатора УЗДН-А. Конденсацію здійснювали на підкладку із аморфної плівки вуглецю.

У результаті електронно-мікроскопічних досліджень (рис. 1) було встановлено, що середній розмір фулеритів дорівнює $L = 50$ нм.

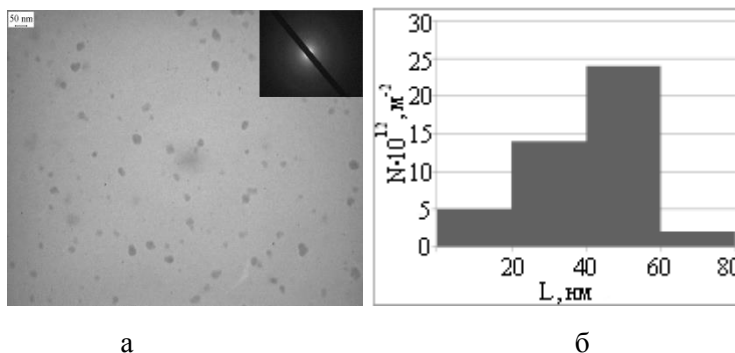


Рисунок 1 – Мікроструктура острівцевої фулеритової плівки на вуглецевій підкладці (а) та залежність концентрації фулеритів від їх розміру (б).

Було встановлено, що найбільш ймовірний розмір отриманих фулеритів дорівнює 50 нм, і в середньому він складається із 70 фулеренів.

Магніторезистивні властивості спін-вентильних структур на основі Co, Ag та Fe₂₀Ni₈₀

Колоскова О.А., *магістрант*

Сумський державний університет, м. Суми

Структури із спін-залежним розсіюванням електронів, до яких, зокрема, відносяться спін-вентелі, належать до сучасних чутливих елементів для потреб мікроелектроніки. У залежності від області використання, до магнітних характеристик таких структур висувуються різні вимоги, серед яких слід виділити їх термічна стабільність. Реалізація термічної стабільності в широкому температурному діапазоні з метою забезпечення стабільної роботи приладів на їх основі стає одним із пріоритетних напрямів досліджень.

У роботі досліджувалися спін-клапанні структури типу Co(5)/Ag(d_{Ag})/FeNi(30)/П (в дужках вказана товщина в нм). Отримувалися зразки методом електронно-променевого випарування у камері вакуумної установки ВУП-5М. Товщина немагнітного прошарку змінювалася в межах від 5 до 12 нм для того щоб підібрати значення, при якому можна виключити появу прямої обмінної взаємодії між шарами феромагнетиків та шунтування структури в цілому. Дослідження магніторезистивних проводилося в перпендикулярній, поздовжній та поперечній геометріях вимірювання. Величина магнітоопору (МО, %) розраховувалася за співвідношенням: $MO = [(R(B) - R_s) / R_s] \cdot 100 \%$, де R_s – електричний опір у магнітному полі насичення або у максимально можливому магнітному полі; $R(B)$ – поточне значення опору півки в магнітному полі. Аналіз отриманих польових залежностей МО показав, що всі півкові зразки проявляють магнітну анізотропію. Найбільше значення МО було отримано при $d_{Ag} = 6$ нм у перпендикулярній геометрії вимірювання, яке становить 0,26 %. У процесі термовідпалювання до 560 К (температура при якій відбувається заліковування дефектів) спостерігається збільшення величини магнітоопору у всіх геометріях вимірювання, максимальне значення, яке знову спостерігалось при перпендикулярній геометрії, становить 0,41 %.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми № 52.20.01-01.16/18 ЗФ.

Керівник: Пазуха І.М., *старший викладач*

Електрофізичні властивості тонких плівок Ru

Распутько Ю.В., *магістрант*; Логвинов А.М., *аспірант*
Сумський державний університет, м. Суми

Нанорозмірні плівки Ru різними авторами використовуються як захисні шари завдяки своїй високій стабільності контактного опору і високій механічній твердості. У поєднанні з магнітними металами VIII групи (Co, Fe та Ni) вони розглядаються як перспективний матеріал для створення стійких функціональних структур спін-клапаного типу. Однак, надзвичайна рідкість і важкість отримання чистого Ru довгий час не дозволяли вивчити електрофізичні властивості як одношарових плівок, так і сплівів на його основі. У даній роботі наведені результати дослідження структурно-фазового стану та електрофізичних властивостей одношарових плівок Ru у інтервалі товщин від 10 до 80 нм отриманих методом термічного осадження у вакуумі на очищені сіталові підкладки або вуглецеві плівки товщиною 20 нм. Встановлено, що отримання безоксидних одношарових плівок Ru можливо лише на підігріту підкладу до $T_n = 400-700$ К при товщинах $d_{Ru} \geq 40$ нм. У цьому випадку зразки мають однофазний склад, що відповідає ГЦП- Ru з параметрами решітки близькими до табличних значень. При менших товщинах стає помітна фаза ГЦК-RuO₂, доля якої при відпалюванні зразків до $T_b = 700-1000$ К збільшується. Встановлено, що кристалічна структура, зокрема середній розмір зерен, не сильно залежить від товщини зразка та лежить у межах $L_{cp} = 10-15$ нм. Питомий опір зразків в усьому діапазоні товщин отриманих при кімнатній температурі має напівпровідниковий характер та на декілька порядків більший табличного значення для масивних зразків $\rho_0 = 7,15 \cdot 10^{-7}$ Ом·м, але при відпалюванні зразків зменшується. Наприклад, для зразка Ru (45 нм) у щойносконденсованому при кімнатній температурі стані $\rho = 3,8 \cdot 10^{-4}$ Ом·м, а після відпалювання до 1000 К $\rho = 1,4 \cdot 10^{-5}$ Ом·м. Лише зразки отримані на підігріту підкладу до $T_n = 700$ К мають значення питомого опору наближені до табличного. Середнє значення температурного коефіцієнту опору одношарових плівок Ru має відносно малу величину близьку до $\beta_0 = 4,2 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹.

Керівник: Чешко І.В., *доцент*

Магнітні характеристики приладових плівкових структур на основі Fe та Au

Приходько А.М., *магістрант*; Костенко М.В., *аспірант*
Сумський державний університет, м. Суми

Для вирішення ряду питань, які виникають в процесі формування приладових плівкових структур у вигляді багат шарових систем спіно-кляпанного типу на основі Fe та Au, були досліджені магнітні характеристики даних структур. Експериментально методом вакуумної термічної конденсації були отримані серії дво- та тришарових плівкових систем у вигляді Au/Fe/П та Fe/Au/Fe/П (П – підкладка) з різною товщиною магнітних та немагнітних шарів (у діапазоні 5-30 нм). Дослідження методом МОКЕ цих систем показали, що характерними виявилися значення загальної атомної концентрації магнітної компоненти $c_{Fe} \approx 60$ ат. %, при якій спостерігаються помітні максимуми для величин поля насичення B_s та коерцитивної сили B_c . Після термовідпалювання зразків до $T_b = 700$ К значення B_c зменшуються у той час коли значення B_s майже не змінюється. Така поведінка може бути пов'язана із процесом поступового утворенням твердого розчину атомів Fe в матриці Au в процесі термодифузії.

Наступним етапом досліджень було отримана серії мультишарів $[Au(3)/Fe(3)]_n/П$ (в дужках вказана товщина в нм, а n – кількість повторювання фрагментів) та складних багат шарових плівкових систем спіно-кляпанного типу у вигляді $Au/Fe/Au/[Au(3)/Fe(3)]_x/П$. Дослідження їх магнітних характеристик показало, що для мультишарів значення B_s та B_c майже не змінюються після відпалювання. Приладові структури спіно-кляпанного типу на основі Fe і Au, які у своєму складі мають мультишар, мають більш стійкі магнітні характеристики в інтервалі їх функціонування (в межах 300-700 К) у порівнянні з простими тришаровими системами. Також встановлено, що найбільшу анізотропію коерцитивності мають зразки $Fe(6)/Au(8)/Fe(20)/П$ та $Fe(6)/Au(8)/[Au(3)/Fe(3)]_6/П$, яка однак зникає після відпалювання зразків до $T_b = 700$ К.

Робота виконана в рамках держбюджетно теми №52.20.01-01.16/18 ЗФ.

Керівник: Чешко І.В., *доцент*

Дослідження магнітоопору у системах спін-вентильного типу на основі CoNi та Cu

Шуляренко Д.О., магістрант
Сумський державний університет, м. Суми

Ефект гігантського магнітоопору, виявлений у магнітних багатшарових структурах, відрізняється за своєю величиною та природою від класичного магніторезистивного ефекту і може бути пояснений на основі квантових уявлень про рух електронів провідності з різною поляризацією їх спінів через мультишари.

На рис. 1 в якості ілюстрації приведені залежності величини магнітоопору (МО) від напруженості зовнішнього магнітного поля для свіжосконденсованої тришарової системи CoNi/Cu/CoNi.

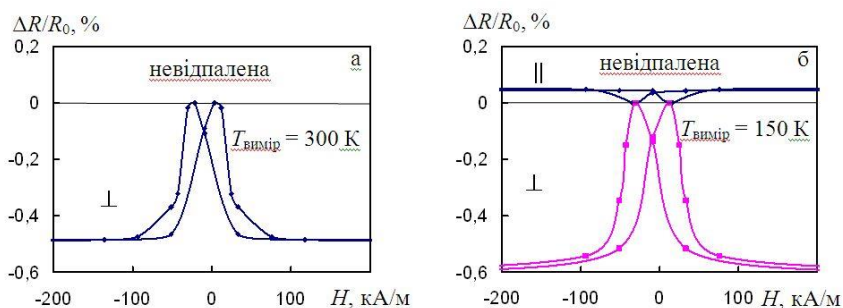


Рисунок 1 – Залежність поздовжнього (||) та поперечного (⊥) МО від напруженості зовнішнього магнітного поля для свіжосконденсованої тришарової плівки CoNi/Cu/CoNi ($C_{Co} = 50$ мас. %, $d_{1CoNi} = 40$ нм, $d_{2CoNi} = 30$ нм $d_{Cu} = 8$ нм).

Особливістю невідпалених тришарових плівок (рис. 1а) є відсутність поздовжнього МО. Величина поперечного магнітоопору складає при цьому 0,3-0,5 %. Відсутність поздовжнього ефекту пов'язана з появою спін-залежного розсіяння на межах шарів. Зниження температури вимірювання до 150 К приводить до збільшення величини поперечного магнітоопору та появи позитивного поздовжнього МО (рис. 1б).

Керівник: Шкурдода Ю.О., доцент

Структурно-фазовий стан, магнітні та магніторезистивні властивості тришарових плівок на основі Ni та Dy

Шабельник Т.М., аспірант, Шутілева О.В., провідний фахівець,
Воробйов С.І., молодший науковий співробітник
Сумський державний університет, м. Суми

Багатошарові плівкові системи на основі феромагнітних та рідкоземельних металів активно досліджуються в останнє десятиліття, завдяки їх унікальним фізичним властивостям. Такі системи становлять широкий інтерес з точки зору їх практичного використання у якості високощільних матеріалів для запису і зберігання інформації, елементів спінової електроніки та магнітооптичних систем.

У даній роботі представлено результати досліджень структурно-фазового стану, магнітних та магніторезистивних властивостей тришарової плівкової системи Ni(5) / Dy(x) / Ni(20) / П (П – підкладка, x – ефективна товщина Dy, яка змінюється від 1 до 30 нм).

Зразки було отримано електронно-променевим методом на підігріту ситалову підкладку ($T_n \cong 460$ К). Термообробка зразків здійснювалась по схемі «нагрівання-охолодження» до $T_6 = 700$ К. Структурно-фазовий стан та кристалічну структуру було досліджено за допомогою просвічуючого електронного мікроскопа (ПЕМ-125К). Дослідження магніторезистивних властивостей проводилось при кімнатній температурі за допомогою програмно-апаратного комплексу при протіканні струму у площині зразка $I = 0,1$ мА в зовнішньому магнітному полі до $B_c = \pm 500$ мТл. Магнітні властивості досліджувались при кімнатній температурі у паралельній геометрії вимірювання за допомогою вібраційного магнітометра.

Дослідження структурно-фазового стану тришарових плівок на основі Ni та Dy у свіжоскондесованому стані показали, що фазовий склад до і після термообробки визначається фазовим складом окремих компонентів плівки. Так шари Ni мають фазовий склад ГЦК-Ni, який зберігається і після термообробки до 700 К. Що стосується прошарків на основі Dy, то їх структурно-фазовий стан дуже чутливий до зміни ефективної товщини і при $d_{Dy} < 15$ нм вони перебувають у квазіаморфному стані. При збільшенні ефективної товщини

$d_{\text{Dy}} > 15$ нм у плівках стабілізується у кристалічна фаза ГЦП-Dy. Отже, у залежності від ефективної товщини прошарку на основі Dy у свіжосконденсованому стані нами фіксувався наступний фазовий склад: ГЦК-Ni + ка-Dy ($d_{\text{Dy}} < 15$ нм) та ГЦК-Ni + ГЦП-Dy ($d_{\text{Dy}} > 15$ нм). Після термообробки до 700 К фазовий стан плівок з прошарком з ка-Dy залишався незмінним, а у плівках з кристалічним прошарком електроннографічно додатково фіксувалась оксидна фаза ОЦК-Dy₂O₃, яка утворилась за рахунок взаємодії з атомами залишкової атмосфери,

Дослідження магніторезистивних властивостей показали, що не залежно від ефективної товщини прошарку з Dy величина магнітоопору має анізотропний характер. Значення величини МО при зміні ефективної товщини має осцилюючий характер. Подібний характер залежності спостерігався в роботі [1] і пояснювався осциляційною залежністю обмінної взаємодії між магнітними шарами через електрони провідності. Після термообробки спостерігається зменшення величини МО в середньому на 5-10% у всіх геометріях вимірювання.

Дослідження залежності намагніченості від прикладеного зовнішнього магнітного поля, показали що у свіжосконденсованому стані для плівок з ефективною товщиною прошарку з Dy більше 20 нм на петлях гістерезису з'являються характерні перегини, які свідчать про поширене перемагнічування плівок. Після термообробки дані перегини зберігаються.

Збільшення ефективної товщини прошарку на основі Dy з 1 до 30 нм призводить до зменшення величини залишкової намагніченості і намагніченості насичення від прикладеного зовнішнього поля, що пов'язано з утворенням на інтерфейсі аморфного ферімагнітного твердого розчину, який нами електроннографічно не фіксувався. Термообробка до 700 К призводить до зменшення величини M_r і M_s у середньому на 5 та 8 %, відповідно.

Керівник: Черноус А.М., *професор*

1. С.І. Воробйов, О.В. Шутилева, І.О. Шпетний, А.М. Черноус, *Ж. нано- електрон. фіз.* **4** № 4, 04026 (2012).

Структурні особливості плівок $Cd_{1-x}Mn_xTe$

Колесник М.М., *старший викладач*; Голиченко О.О., *студент*;
Гусак Є.І., *студент*; Опанасюк Н.М., *доцент*;
Опанасюк А.С., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми

Напівмагнітний твердий розчин $Cd_{1-x}Mn_xTe$ привертає підвищену увагу дослідників завдяки можливості створення на його основі сенсорів магнітного поля, магніто-оптичних та електролюмінесцентних приладів. Останнім часом цей матеріал, наряду з твердим розчином $Cd_{1-x}Zn_xTe$, також розглядається як альтернатива бінарній сполуці $CdTe$ для використання у детекторах жорсткого випромінювання. Однак, в наш час, плівки $Cd_{1-x}Mn_xTe$ досліджені недостатньо в наслідок складності отримання, оскільки тиск пари компонентів матеріалу суттєво відрізняються. Плівки $Cd_{1-x}Mn_xTe$ були нанесені методом термічного випаровування на очищені скляні підкладки у вакуумній установці ВУП-5М. Випаровування шихти $CdTe$ та Mn проводилося у квазізамкненому об'ємі. Температура підкладки при нанесенні плівок змінювалася у інтервалі $T_s = (623-823)$ К, температура випарника становила $T_e = 1123$ К.

Структурні дослідження плівок халькогенідів були виконані на автоматизованому рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni -фільтрованому K_α випромінюванні мідного анода. В результаті досліджень було встановлено, що плівки отримані при температурах підкладки $T_s < 773$ К мали кубічну структуру та відповідали твердому розчину $Cd_{1-x}Mn_xTe$ з різним вмістом марганцю. В конденсатах нанесених при $T_s = 623$ К виявлялися сліди гексагональної фази. Шари отримані при температурі підкладки $T_s = 823$ К склалися з $MnTe$, що має гексагональну структуру. При проміжних температурах підкладки конденсати містили суміш двох фаз $Cd_{1-x}Mn_xTe$ та $MnTe$.

За значенням a матеріалів з використанням літературних даних визначено вміст марганцю у плівках, що вбудовувався у кристалічну ґратку твердого розчину. Визначено, що концентрація Mn в плівках залежить від умов конденсації і змінюється від 0,98 до 25,76 ат. %.

Проведені дослідження дали можливість вибрати оптимальні режими нанесення плівок $Cd_{1-x}Mn_xTe$ з керованими структурними властивостями та потрібним вмістом марганцю.

Елементний склад плівок Zn_2SnO_4 , отриманих методом спреї-піролізу

Салогуб А.О., студент; Климов О.В., аспірант;
Возний А.А., аспірант; Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Швидкий розвиток мікроелектроніки нерозривно пов'язаний з розробкою, освоєнням технології виробництва та використанням нових напівпровідникових матеріалів. Одним з таких матеріалів є станат цинку (Zn_2SnO_4). Він викликає значний інтерес дослідників як альтернатива таким матеріалам як ІТО, SnO_2 , ZnO . Станат цинку має високу рухливість електронів, низький коефіцієнт поглинання світла, відрізняється високою радіаційною, хімічною та термічною стійкістю, що дозволяє розглядати його як новий матеріал прозорої електроніки.

Через свою простоту, дешевизну, можливості отримання плівок на підкладках з різних прекурсорів – спреї-піроліз представляє собою ефективний метод одержання високоякісних шарів оксидів. Це визначило вибір методу для нанесення плівок станату цинку. Плівки Zn_2SnO_4 були отримані на скляних підкладках при температурах підкладки $T_s = (250-450)$ °С. Як прекурсор використовувався розчин п'ятиводневого хлористого олова (IV), азотнокислого цинку та азотної кислоти у дистильованій воді.

Дослідження елементного складу плівок методом EDAX проводилось за допомогою скануючого електронного мікроскопа Hitachi S-4800. Для оцінювання складу плівок використовувалося відношення атомних концентрацій елементів C_{Zn}/C_O , C_{Zn+Sn}/C_O . Результати дослідження показали, що зі збільшенням T_s атомна концентрація Sn спочатку зменшується з 15,93 до 3,10 ат. % при 350 °С, а потім збільшується до 9 ат. % при 450 °С. У той же час, відношення C_{Zn+Sn}/C_O (відомо, що Sn заміщує Zn у кристалічній ґратці) при низьких температурах ($T_s = 250$ °С) становить 0,19 і збільшується до 0,37-0,49 при подальшому зростанні T_s . Цей результат може означати, що зразки перенасичені киснем або при дослідженні елементного складу електронний промінь, пройшовши тонку плівку, дійшов до підкладки.

**Формування наноструктур на основі хрому і його сплавів
електрохімічним методом**

Білокур Д.О., *магістрант*; Босенко О.В., *студент*;
Проценко З.М., *доцент*
СумДПУ імені А.С.Макаренка, м. Суми

Тонкі шари гальванічних покриттів на основі хрому та його сплавів знайшли широке застосування в багатьох галузях промисловості, мікроелектроніці, медицині. Процеси хромування, які впровадженні в виробництво, основані на застосуванні токсичних і екологічно небезпечних електролітів з вмістом сполук Cr (VI). Постанови екологічних і законодавчих органів ЄС побудили науковців зайнятися пошуком та впровадженням альтернативних технологій електрохімічного одержання покриттів на основі сполук Cr (III), дослідженням складу електролітів та властивостей покриттів.

У дані роботі представлені результати по встановленню оптимальних умов електроосадження як однокомпонентного хромового покриття, так і сплаву на основі Cr і Co із застосуванням сполук Cr(III). Для одержання хромового покриття застосовували електроліт на основі $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ із вмістом і без вмісту флуорид йонів, а для покриття сплавом Cr Co - $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ [1].

Оптимальні параметри процесу електроосадження встановлено експериментально з постійним контролем якості покриття, фазового складу і мікротвердості. Встановлено оптимальну густину струму при електроосадження Cr – $(0,2-0,4) \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$, мікротвердість покриття складає $\approx 270 \text{ кГ/мм}^2$, що характерно для пластичного хрому, фазовий склад відповідає ОЦК Cr з розміром кристалітів $L \cong (70-75) \text{ \AA}$.

Оптимальні умови процесу електроосадження бінарного покриття CoCr складають: $i - (8-10) \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$, pH – 2,5-3,5; $t - 296-270 \text{ K}$; Середня швидкість сумісного електроосадження Co і Cr дорівнює $4 \cdot 10^{-2} \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$; фазовий склад покриття відповідає σ - фазі CoCr. Товщину покриттів задавали від нано- до мікро розмірів. Мікроструктура покриття має розміри конгломератів від 2,2 до 3,7 мкм.

1. N.I. Shumakova, Z.M. Protsenko, *NAP-2012* 1 No 3, 03TF11 (2012).

Гібридні накопичувачі енергії на основі наноструктурованих напівпровідників

Сичікова Я.О.¹, доцент; Дейнеко Н.В.², доцент

¹ Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

² Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

Пошук нових джерел енергії та підвищення ефективності відомих являється актуальним завданням сучасної індустрії. Наряду з проблемою отримання енергії, стоїть проблема її накопичення та зберігання. Наявність енергоємних і потужних накопичувачів в якості проміжних пристроїв між джерелами генерації енергії і споживачем дозволяє звільнитися від жорсткої вимоги повсякчасної відповідності генерації енергії її споживанню. Тому необхідною задачею постає пошук нових матеріалів для створення сучасних гібридних накопичувачів енергії.

Як варіант сировини для виготовлення суперконденсаторних електродів нами пропонується фосфід індію завдяки простоті отримання пористих шарів на його основі і легкостю управління морфологічними властивостями. Технологію отримання *por-InP* детально представлено нами у роботі [1]. Як ФЕП рекомендується використання плівкового сонячного елемента на основі CdS / CdTe. Згідно [2] такі ФЕП при товщині базового шару менше 1 мкм мають високу ефективність, деградаційної стійкістю і демонструють найменшу вартість вироблюваної електричної енергії.

Таким чином використання гібридного пристрою на основі CdS / CdTe / *por-InP* сприятиме: збільшенню терміну служби сонячної електростанції при збереженні її вартості на рівні близько традиційної; згладжуванню нерівномірності генерації електричної енергії, обумовленої сезонністю і тимчасовими факторами.

1. Y. Suchikova, *Handbook of nanoelectrochemistry* **1**, 283 (2016).
2. G.S. Khrypunov, T. Li, N. Deyneko, et al., *Technical electrodinamics* **1**, 336 (2011).

Використання оксидів лужноземельних металів у світлодіодних технологіях

Дяденчук А.Ф., *аспірант*; Сімченко С.В., *асистент*
Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

Актуальним на даний момент є вивчення люмінесцентних і механічних властивостей оксидів лужноземельних металів легованих елементами VII групи матеріалів, які виявляють яскраву фотолюмінесценцію у видимій області спектру, завдяки чому знаходять широке застосування при виготовленні світло діодів та в якості люмінофорів.

В даній роботі нами запропоновано використовувати в якості активатора люмінесценції домішки марганцю в таких з'єднаннях.

Приводяться експериментальні дослідження люмінесцентних властивостей у видимій області спектру оксидного світловипромінювального з'єднання на прикладі $(\text{MgO})_x(\text{P}_2\text{O}_5)_y$ при різному вмісті Mg (1-10 %).

Зразки $(\text{MgO})_x(\text{P}_2\text{O}_5)_y$, отримували методом вакуумної плавки з додаванням Mg. Для збудження люмінесценції використовувався азотний лазер ЛГН-10 з довжиною хвилі 337 нм. Спектри фотолюмінесценції знімалися на модернізованому спектральному комплексі КСВУ-12 в автоматичному режимі при кімнатній температурі 20 °С, постійній напрузі і коефіцієнті посилення сигналу з фотоелектричного перетворювача (ФЕП).

У всіх зразках смуга люмінесценції лежить в області ~ 672 нм, хоча спостерігається зростання інтенсивності люмінесценції зі збільшенням концентрації легуючої домішки.

Встановлено, що добавка домішки Mg не суттєво впливає на довжину хвилі випромінювання, інтенсивність світіння змінюється пропорційно процентним вмістом марганцю в зразку.

Автори роботи дякують д. ф.-м. н., проф. В.В. Стирову за зразки для проведення експерименту.

Влияние добавок оксидов Мо, Рb и Mg на электрические параметры варисторов на основе оксида цинка

Микитас А.Д., студент; Николенко Е.А., студент; Кукуяшный В.А., студент; Исаев А.С., студент; Ляшков А.Ю., доцент
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск

Варисторы на основе оксидов металлов широко применяются в современной электронике как элементы защиты электрических цепей от перенапряжения. Основными направлениями научных исследований в данной области являются получение низковольтных варисторов с высокими эксплуатационными параметрами и синтез новых составов с целью снижения энергоемкости изготовления [1].

Целью данной работы был поиск легкоплавких добавок, способствующих хорошей спекаемости при более низких температурах изготовления (T_0) чем промышленные (> 1200 °С). Базовыми являлись простые трехкомпонентные составы [2]. Задача получения высоких значений коэффициента нелинейности (β) вольт-амперной характеристики (ВАХ) не ставилась. Содержание ZnO во всех составах – не менее 98 мол. %. Температура отжига варьировали от 930 °С до 1170 °С.

Использование MnO в сочетании с MoO₃ в качестве легкоплавкой добавки позволяет получить значения $\beta \sim 2-3$ уже при $T_0 = 930$ °С. Добавка Co₂O₃ вместо оксида Mg приводит к на порядок меньшим значениям электропроводности и $\beta \sim 1,5$ при сравнимых значениях диэлектрической проницаемости. Добавки TiO₂ с MgO позволяют получить керамику с удельной электропроводностью до $7,3 \cdot 10^{-2}$ (Ом·м)⁻¹ при $T_0 = 1170$ °С. Добавка оксида свинца позволяет получить нелинейную ВАХ только в сочетании с традиционной добавкой – Bi₂O₃.

На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности использования MoO₃ в качестве легкоплавкой добавки. MgO, вследствие малого ионного радиуса, перспективен в качестве легирующей зерна ZnO добавки.

1. А.Ю. Lyashkov, *Ukr. J. Phys.* **59** No 8 (2014).
2. Х.С. Валеев, В.Б. Квасков, *Нелинейные металлоксидные полупроводники* (Москва: Энергоиздат: 1983).

Центри люмінесценції в тонких плівках $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$

Медвідь І.І., *аспірант*; Бордун Б.О., *магістр*
ЛНУ імені Івана Франка, м. Львів

У роботі досліджено спектри фотолюмінесценції і збудження люмінесценції тонких плівок $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, отриманих методом високочастотного (ВЧ) іонно-плазмового розпилення.

Проведені дослідження люмінесценції тонких плівок $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ показали, що свічення даних зразків утворює широку неелементарну смугу. З метою визначення кількості елементарних смуг, їх форми і положення на енергетичній шкалі використано метод Алєнцева-Фока [1] і проведено розділення складного спектру на елементарні складові.

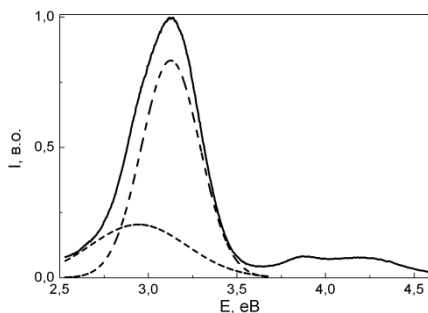


Рисунок 1 – Спектр фотолюмінесценції відпаленої у кисні тонкої плівки $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ при енергії збудження 5,05 еВ, $T = 295$ К. Штрихові лінії – елементарні складові.

У спектрі люмінесценції плівки домінують дві смуги свічення з максимумами в області 3,14 та 2,95 еВ. Аналіз отриманих результатів підтверджує зв'язок смуги з максимумом в області 3,14 еВ з анігіляцією зв'язаного екситона і смуги з максимумом в області 2,95 еВ з рекомбінацією на донорно-акцепторній парі. При цьому обидві смуги пов'язуються з асоціатом, зумовленим взаємодією вакансій кисню і галію ($V_{\text{O}}V_{\text{Ga}}$)'.

Керівник: Бордун О. М., *професор*

1. М.В. Фок, *Тр. ФИАН* **59**, 3 (1972).

Міграція включень в кристалах Cd(Mn)Te

Солодін С.В.¹, науковий співробітник; Копач О.В.¹, доцент;
Опанасюк А.С.², професор; Фочук П.М.¹, професор
¹Чернівецький національний університет, м. Чернівці
²Сумський державний університет, м. Суми

Останніми роками з'явився ряд публікацій, в яких кристали Cd(Mn)Te позиціонуються як можлива альтернатива кристалам Cd(Zn)Te, що знайшли широке застосування як детектори іонізуючого випромінювання, оскільки вони мають ряд переваг. Основна з них – більш однорідний розподіл мангану по кристалу, оскільки коефіцієнт сегрегації Mn в CdTe близький до 1. Це дозволяє підвищити вихід матеріалу з потрібними і відтворюваними електричними характеристиками.

Включення другої фази є небажаними структурними недосконалостями в детекторах. Одним з можливих способів їх усунення – це їх міграція у полі температурного градієнту. Тому було вирішено дослідити можливість застосування цього явища і для очистки кристалів Cd(Mn)Te.

Кристали (Cd_{0.95}Mn_{0.05})Te, леговані індієм для компенсації власних акцепторів, вирощувалися методом Бріджмена з елементарних Cd, Mn і Te високої чистоти. Далі з них виготовлялися зразки різних розмірів у формі паралелепіпедів для електричних та структурних досліджень. Питомий опір зразків перевищував $5 \cdot 10^9$ Ом·см, а концентрація включень становила $\sim 10^5$ - 10^6 см⁻², залежно від їх розмірів. Термообробку зразків проводили в 2-зонній печі під тиском пари кадмію за температури 900 К. Градієнт температури на зразку знаходився в межах 10-20 К/см, а тривалість обробки варіювалась від 3 до 18 годин. Інфрачервоні зображення отримували на мікроскопі Leitz, оснащеному ІЧ камерою Pixelink PL-A741.

У результаті експериментів виявилось, що включення другої фази (найбільш ймовірно, телуру) достатньо великого розміру рухаються, переважно, у напрямі зростання температури (хоча можна спостерігати рух включень і в інших напрямках). При цьому вони видовжуються і дещо зменшуються в розмірах. Швидкість переміщення становить декілька мікрон за годину, що робить цей спосіб ефективним для усунення включень з тонких плівок.

Хімічна обробка поверхні Cd(Mn)Te розчинами на основі молекулярного йоду

Іваніцька В.Г., доцент; Стрільчук С.М., провідний фахівець;
Мар'янчук П.Д., професор; Фочук П.М., професор
Чернівецький національний університет, м. Чернівці

Розуміння впливу тих змін, що відбуваються при обробці поверхні Cd(Mn)Te на експлуатаційні характеристики детекторів рентгенівського і гамма- випромінювання залишається актуальним в технології напівпровідникових матеріалів і на сучасному етапі. Метою даної роботи є вивчення процесів хімічної взаємодії монокристалів Cd(Mn)Te із розчинами йоду у диметилформаміді (ДМФА) і впливу такої обробки на електричні характеристики поверхні.

У роботі використані неорієнтовані монокристалічні зразки $Cd_{0,95}Mn_{0,05}Te$ ($8 \times 8 \times 5$ мм³), вирізані зі злитків, вирощених методом Бріджмена. Травлення здійснювали на пристрої для хіміко-динамічного полірування (ХДП). Швидкість обертання диску вказаного пристрою змінювалась від 45 до 120 об/хв. Швидкість травлення визначали за зменшенням товщини зразків із точністю $\pm 0,5$ мкм. Концентраційні межі робочих розчинів (за вмістом йоду) склали 6-30 мас. %. Контакти наносились осадженням золота із розчину $HAuCl_4$.

Показано, що при збільшенні вмісту йоду в складі травника від 6 до 20 мас. % швидкість травлення зразків зростає від 3,5 до 10 мкм/хв. Одночасно зі збільшенням концентрації розчинів посилюється їх поліруюча здатність. При вмісті йоду більше 20 мас. % спостерігається насичення концентраційної залежності і швидкість травлення незначно зменшується, хоча поліруючі властивості розчинів не зникають.

Результати вимірювання ВАХ зразків після травлення їх поверхні розчинами йоду у ДМФА показують підвищення опору у порівнянні із зразками, обробленими розчином бром у метанолі.

Дослідження залежності швидкості травлення $Cd_{0,95}Mn_{0,05}Te$ від часу витримки травника показало значно вищу стабільність розчинів на основі молекулярного йоду у порівнянні із аналогічними бромовмісними травниками, які традиційно застосовуються для обробки поверхні CdTe та твердих розчинів на його основі.

Вплив методів обробки поверхні кристалів $Cd_{1-x}Mn_xTe$ на рельєф і глибину порушеного шару

Дремлюженко С.Г.¹, старший науковий співробітник; Захарук З.І.¹,
старший науковий співробітник; Шафранюк В.П.², доцент;
Раренко А.І.¹, старший науковий співробітник; Фочук П.М.¹,
професор

¹Чернівецький національний університет, м. Чернівці

²Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Після абразивної обробки поверхні напівпровідника залишається порушений шар тієї або іншої глибини, який істотно впливає на електричні характеристики напівпровідникових приладів. Тому перед виготовленням приладів його вплив необхідно звести до мінімуму.

В даній роботі вимірювання глибини порушеного шару (F) було проведено на пластинках $Cd_{1-x}Mn_xTe : In$ ($0,15 > x > 0,02$) після їх шліфування різними абразивами (М-28, М-20, М-10, М-5) і полірування алмазними пастами (АСМ-5/3 і АСМ-3/2), хімічним травленням (95 % НВг + 5 % бром) та методом хіміко-механічної обробки. Дослідження проводилося комбінованим методом із застосуванням рентгенівського двокристалного спектрометра (ДКС) і послідовного травлення поверхні пластин.

Було досліджено залежність зміни напівширини кривих гоїдання від товщини знятого шару кристала. В результаті досліджень одержані такі величини глибини порушеного шару F : при обробці абразивом М-28 – $F = 49 \div 52$ мкм; М-20 – $F = 34 \div 37$ мкм; М-10 – $F = 19 \div 22$ мкм; М-5 – $F = 11 \div 13$ мкм; АСМ-5/3 – $F = 10 \div 12$ мкм; АСМ-3/2 – $F = 7 \div 9$ мкм.

Мінімальна величина F (менше 1 мкм) була одержана після хіміко-механічної обробки пластин (травник: аеросил- H_2O_2 - $NaOH$ - H_2O) при оптимальному складі травника і режимах полірування.

Були досліджені також топографи, отримані в косонесиметричній схемі дифракції від кристалів $Cd_{1-x}Mn_xTe : In$, поверхні яких оброблялись по різних схемах. Проведені рентгено топографічні дослідження показали, що полірування хімічним травленням хоча і приводить до зменшення величини F , однак, викликає появу рельєфу на поверхні. Тільки застосування хіміко-механічної поліровки композиціями колоїдного кремнезему, забезпечує значно кращу підготовку поверхні $Cd_{1-x}Mn_xTe : In$ в порівнянні з механічною хімічною поліруванням.

**Поведінка сплавів $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ ($x = 0,05-0,25$, $y = 0,10-0,15$) в
околі інтервалу температур топлення**

Копач В.В., *аспірант*; Копач О.В., *доцент*;
Щербак Л.П., *професор*; Фочук П.М., *професор*
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

Дослідження потрійної системи CdTe-MnTe-ZnTe займає важливе місце у вивченні напівпровідників типу $A^{II}B^{VI}$ [1]. Проте в літературі надзвичайно мало даних щодо фазових рівноваг в цій системі, що є важливим аспектом при вирощуванні монокристалів даної системи. Тому, перш ніж приступити до вирощування кристалів $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$, нами було досліджено параметри топлення та кристалізації сплавів системи $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ при $x = 0,05-0,25$, $y = 0,10-0,15$ за допомогою диференційно-термічного аналізу(ДТА).

Сплави $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ при $x = 0,05-0,25$, $y = 0,10-0,15$ синтезувалися у печі Бріджмена із елементарних Cd, Mn, Zn та Te високої чистоти. Максимальна температура синтезу становила 1155 °С. Отримані сплави мали масу близько 5 г кожен. ДТА проводили на автоматизованій установці, яку сконструювали співробітники кафедри неорганічної хімії. Маса наважок для ДТА становила 500 мг. У процесі дослідження використовувалися температурні програми, які дали можливість дослідити параметри топлення розплавів $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_{xy}Te$ при $x = 0,05-0,25$, $y = 0,10-0,15$ та об'ємну частку твердої фази в даних розплавах при різних температурах.

За результатами експерименту побудовано графіки залежностей об'ємної частки твердої фази в розплаві від температури проміжної витримки сплавів, на основі яких встановлено, що температурні інтервали існування твердої фази в сплавах $Cd_{0,90-x}Mn_xZn_{0,10}Te$ на 5-10 °С нижчі, ніж для $Cd_{0,85-x}Mn_xZn_{0,15}Te$ ($x = 0,05-0,25$). Крім того, встановлено концентраційні залежності температур, при яких об'ємна частка твердої фази наближається до нуля, від вмісту компонентів в даних сплавах.

1. W.C. Chou, F.R. Chen, T.Y. Chiang, H.Y. Shin, *J. Crystal Growth* **169**, 747 (1996).

Вплив електронного опромінення на розмірність електронного газу в *n*-InSe

Ковалюк З.Д.¹, професор; Маслюк В.Т.², завідувач відділом, Мегела І.Г.², провідний інженер, Мінтянський І.В.¹, старший науковий співробітник; Савицький П.І.¹, старший науковий співробітник

¹ Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

² Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород

Вивчено вплив високоенергетичного (10 MeV) електронного опромінення ($1 \cdot 10^{14}$, $5 \cdot 10^{14}$, $1 \cdot 10^{15}$ е/см²) на електричні властивості шаруватих монокристалів *n*-InSe та їх анізотропію. До та після опромінення виміряно температурні (80÷400 К) залежності коефіцієнта Холла та компонент електропровідності вздовж ($\sigma_{\parallel c}$) та впоперек ($\sigma_{\perp c}$) шарів.

Встановлено, що після *e*-впливу в області 80÷300 К металічний хід $\sigma_{\parallel c}$ зразків змінився на напівпровідниковий. З ростом флюенсу величина провідності, а також холлівська рухливість електронів вздовж шарів понизилися. При $\Phi = 1 \cdot 10^{14}$ е/см² та $T \approx 250$ К для R_H спостерігається максимум, а величина коефіцієнта при низьких температурах менша, ніж для вихідних кристалів. При вищих флюенсах R_H сильно зростає і екстремум вже не проявляється. Поперечна складова провідності різко знижується з ростом флюенсу опромінення. Як наслідок, при 80 К параметр анізотропії $\sigma_{\parallel c}/\sigma_{\perp c}$ стає дуже високим і навіть перевищує 10^6 для $\Phi = 5 \cdot 10^{14}$ та $1 \cdot 10^{15}$ е/см².

Отримані результати пояснені на основі моделі, яка передбачає існування дво- та тривимірних електронів та їх різний вклад до електронного транспорту. Вважається, що результатом опромінення є адсорбція мілких донорів на дефектах упаковки і формування 2D мінізон, а основна γ -область InSe є сильно компенсованою і низькопровідною. При низьких температурах домінує 2D провідність, а подальший ріст *T* приводить до перерозподілу носіїв між зонами.

Високих значень анізотропії електропровідності варто очікувати для зразків, де домінують двовимірні електрони. Зафіксоване зростання $\sigma_{\parallel c}/\sigma_{\perp c}$ як при опроміненні в цілому, так і з ростом величини флюенсу зумовлене саме визначальним впливом таких носіїв, що не приймають участь у транспорті впоперек шарів.

Методика нанесення графітової плівки на шаруватий кристал InSe за допомогою органічної зв'язуючої речовини

Ткачук І.Г., аспірант; Поцілуйко Р.Л., аспірант
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ,
Чернівецьке відділення, м. Чернівці
chimsp@ukrpost.ua

Шаруваті кристали InSe використовуються для створення гетеропереходів. Нанесення графітової плівки на індій селенову підкладку за допомогою олівця для створення гетероструктур InSe-графіт не завжди гарантує одномірність та щільність плівки, що впливає на параметри та роботу гетероструктур. Для поліпшення цілісності, однорідності та щільності графітового шару було використано органічну зв'язуючу суміш. Графіт марки МПГ-6 було подрібнено механічним способом в порошок, після чого використовуючи ультразвуковий диспергатор УЗДН-А було продисперговано в спирту при частоті 22 кГц. Промитий дистильованою водою та просушений графіт було змішано з клеючою речовиною до моменту насичення, після чого зв'язуюча речовина наносилась на кристал n-InSe. З'єднання відбулося внаслідок утворення між склеюваними поверхнями та клейовим прошарком міцних адгезійних зв'язків, обумовлених міжмолекулярною та міжатомною взаємодією. Адгезійні зв'язки посилюються взаємною дифузією атомів матеріалів, що контактують. На основі даної методики було створено фоточутливу гетероструктуру InSe-графіт спектр фотопровідності якої знаходиться в межах (0,4-1,2 мкм).



На рис. 1 представлена межа розділу графітова плівка з поверхнею кристала InSe. Графітова плівка однорідна і представлена на рисунку в якості темної області, світла область відповідає кристалу InSe.

Рисунок 1 – Межа розділу графітової плівки з InSe.

Одержання та оптичні властивості кристалів $\text{TPb}_2\text{Br}_{5-x}\text{I}_x$

Левковець С.І.¹, *аспірант*; Фочук П.М.², *професор*; Мирончук Г.Л.¹,
доцент; Федорчук А.О.³, *професор*; Піскач Л.В.¹, *доцент*;
Парасюк О.В.¹, *доцент*

¹ Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки,
м. Луцьк

² Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

³ Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Львів

Під час дослідження фазових рівноваг у системі $2\text{TI} + \text{PbBr}_2 \Leftrightarrow 2\text{TlBr} + \text{PbI}_2$, яке проводиться з метою пошуку нових матеріалів для детекторів іонізуючого випромінювання, виявлено широку область твердих розчинів на основі ВТ модифікації TPb_2Br_5 , яка локалізована вздовж перерізу $\text{TPb}_2\text{Br}_5 - \text{TPb}_2\text{I}_5$. Методом порошку встановлено, що вона кристалізується в тетрагональній просторовій групі $I4/mcm$, а її протяжність, визначена за зміною параметрів елементарних комірок, становить 24-90 мол. % TPb_2I_5 при 300 К. На фазовій діаграмі перерізу при складі 80 мол. % TPb_2I_5 , який відповідає формулі TPb_2BrI_4 , спостерігається максимум плавлення при 611 К. Твердий розчин на основі НТ модифікації TPb_2Br_5 не перевищує 10 мол. %. Переріз в частині 90-100 мол. % TPb_2I_5 є неквазібінарний через відсутність тернарного йодиду. Для одержання кристалів $\text{TPb}_2\text{Br}_{5-x}\text{I}_x$ був використаний метод Бріджмена-Стокбаргера. Одержані кристали жовтого кольору, який із збільшенням вмісту йодиду змінювався на світло-коричневий. Досліджені спектри поглинання кристалів в діапазоні температур 100-300 К і за значенням енергії кванта світла в області смуги власного поглинання (при $\alpha = 350\text{см}^{-1}$) оцінена E_g (таблиця 1).

Таблиця 1 – Зміна ширини забороненої зони кристалів $\text{TPb}_2\text{Br}_{5-x}\text{I}_x$

T, K	Ширина забороненої зони, eV (склад в мол.% TPb_2I_5)				
	40	50	60	70	80
100	2,67	2,65	2,61	2,59	2,55
200	2,61	2,59	2,56	2,53	2,50
300	2,53	2,52	2,50	2,48	2,44

Структура і властивості сплавів $Tl_3PbBr_5-Tl_3PbI_5$

Левковець С.І.¹, *аспірант*; Фочук П.М.², *професор*; Федорчук А.О.³,
професор; Мирончук Г.Л.¹, *доцент*; Піскач Л.В.¹, *доцент*;

Юрченко О.М.¹, *доцент*; Парасюк О.В.¹, *доцент*

¹ Східноєвропейський національний університет імені Лесі
Українки, м. Луцьк

² Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці

³ Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Львів

Тернарні галогеніди Талію та Плюмбуму є перспективними матеріалами для нелінійної оптики та оптоелектроніки, в тому числі для детекторів іонізуючого випромінювання.

Tl_3PbI_5 плавиться конгруентно при 639 К та кристалізується в ромбічній просторовій групі (ПГ) $P2_12_12_1$. Tl_3PbBr_5 плавиться при 665 К і є диморфною. Низькотемпературна (НТ) модифікація є ізоструктурною до йодиду, а високотемпературна (ВТ) кристалізується у тетрагональній ПГ $P4_1$.

Для дослідження системи $Tl_3PbBr_5-Tl_3PbI_5$, методом прямого сплавлення попередньо очищених відповідних бінарних галогенідів, було синтезовано 17 зразків. Їх дослідження проведене методами ДТА та РФА. Побудована діаграма фазових рівноваг системи $Tl_3PbBr_5-Tl_3PbI_5$ є евтектичного типу. Тверді розчини на основі НТ модифікації Tl_3PbBr_5 та Tl_3PbI_5 становлять 0-4 мол. % та ~ 80-100 мол. % Tl_3PbI_5 відповідно. В той же час, додавання Tl_3PbI_5 приводить до стабілізації ВТ-модифікації Tl_3PbBr_5 до низьких температур із утворенням широкої області твердих розчинів, яка при 300 К займає інтервал ~ 10-74 мол. % Tl_3PbI_5 . За даними РФА, механізм їх утворення полягає у планомірній заміні атомів бром на йод у його кристалографічних позиціях. В межах розчинності має місце планомірне зростання періодів елементарних комірок. Використовуючи метод Бріджмена-Стокбаргера одержано кристал $Tl_3PbBr_{2.5}I_{2.5}$. Досліджені спектри поглинання кристалу в діапазоні температур 100-300 К і оцінена E_g , яка становить 2.45 еВ при 100 К та 2.36 еВ при 300 К.

Фотоелектричні властивості гетероструктури $p\text{-GaTe} - n\text{-InSe}$

Кушнір Б.В., аспірант

Інститут проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича,
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

Шаруваті кристали групи A^3B^6 , до яких належать селенід індію та теллурид галію, є перспективними матеріалами для створення гетеропереходів на їх основі. Ці матеріали з різною симетрією і періодами кристалічної решітки дозволяють методом ван-дер-ваальсового контакту їх поверхонь створювати якісні гетероструктури.

Монокристали вирощувалися методом Бріджмена з складу Ga_6Te_5 і $\text{In}_{1.03}\text{Se}_{0.97}$. Далі кристали GaTe піддавались відпалу при 400°C протягом 4 годин. Гетеро-структури $p\text{-GaTe} - n\text{-InSe}$ формувалися методом механічний контакту окислених пластин GaTe і свіжосколотих пластин InSe .

З АСМ-зображень виявлена присутність тонкого шару власного оксиду Ga_2O_3 на гетеромежі $p\text{-GaTe} - n\text{-InSe}$. Він має діелектричні властивості і в межах десятків нанометрів є тунельно-прозорим для носіїв заряду.

Спектр фото-чутливості гетеропереходу (рис. 1а) має вигляд смуги, обмеженої з двох сторін: низькоенергетичний край спектра визначається поглинанням світла в InSe , а високоенергетичний – у GaTe . Зміна величини квантової ефективності фотоструму викликана збільшенням коефіцієнта поглинання світла в InSe і, відповідно, покращенням коефіцієнта збирання фотоносіїв.

В напівлогарифмічних координатах ВАХ лінійна (рис. 1б) та дозволяє визначити з її нахилу діодний коефіцієнт ВАХ, що дорівнює 1,07. Близькі до одиниці значення цього коефіцієнта вказують на дифузійний механізм перенесення носіїв заряду через бар'єри цих гетероструктур та свідчать про високу якість створених $p\text{-}n$ -переходів.

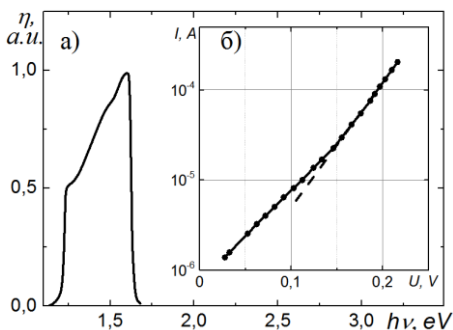


Рисунок 1 – Спектр квантової ефективності фотоструму (а) і пряма гілка ВАХ (б) гетеропереходів $p\text{-GaTe} - n\text{-InSe}$

Дисперсія фононів аргіродиту Ag_8SnSe_6

Семків І.В., аспірант

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Потрійні халькогенідні напівпровідникові матеріали викликають значний інтерес через можливість їхнього використання у сучасних приладах електроніки твердого тіла. Зокрема до таких сполук відносяться сполуки аргіродиту. Одним з таких матеріалів є досліджувана нами сполука Ag_8SnSe_6 .

Кристал аргіродиту Ag_8SnSe_6 містить 15 атомів, кожен з яких володіє 3 ступенями вільності, за рахунок чого примітивна комірка володіє 45 коливаннями. Елементарна комірка складається з двох формульних одиниць і тому має 90 коливних мод.

За допомогою теоретико-групового аналізу проведена класифікація мод β -фази аргіродиту:

$$\Gamma_v = 26A_1 + 26B_1 + 19A_2 + 19B_2, \quad (1)$$

серед яких три моди (A_1 , B_1 , B_2) є акустичними, а решта оптичними.

Відповідно до цих даних було розраховано криві дисперсії фононних мод (рис. 1) у високосиметричних Γ - та Z -точках зони Бріллюена. Три нижні гілки відповідають акустичним коливним модам A_1 , B_1 , B_2 .

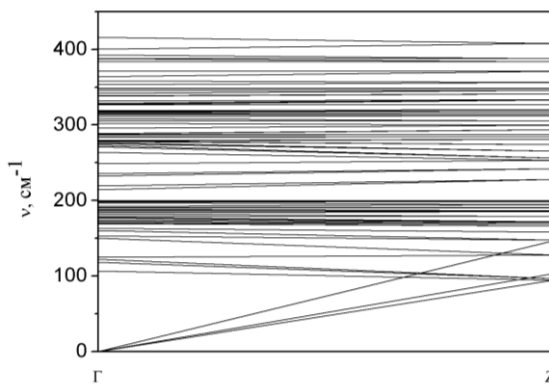


Рисунок 1 – Дисперсія фононів аргіродиту Ag_8SnSe_6 .

Исследование природы центров окраски в кристаллах шпинели, активированных ионами титана

Ярошевская С.Р., студент; Кобяков В.А., старший научный сотрудник; Грицына В.Т., доцент
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
г. Харьков

Исследованы оптические свойства кристаллов магнезий алюминиевой шпинели, активированные ионами титана. Нестехиометрические кристаллы шпинели $MgO \cdot 2Al_2O_3$ с добавлением титана в концентрации 0,2 или 0,5 масс. % были выращены методом Вернейля (Институт монокристаллов НАН Украины). Выращенные монокристаллы с переменным диаметром 15-20 мм и длиной 20-50 мм имели макрополосчатую окраску.

Для установления природы окраски проводились исследования спектров оптического поглощения и люминесценции в диапазоне длин волн 200-800 нм. В спектрах поглощения исследованных кристаллов наблюдаются широкие полосы поглощения с максимумами при 800 и 490 нм, а также поглощение с крутым фронтом роста в УФ- области спектра. Край этого поглощения составляет порядка 4 эВ сдвигается в красную область при увеличении концентрации титана.

Кристаллическая решетка шпинели состоит из тетра- и октаэдрических пустот, образованных ионами кислорода, куда входят кристалло-образующие ионы Mg^{2+} и Al^{3+} , соответственно. В нестехиометрических кристаллах шпинели $MgO \cdot 2Al_2O_3$ с избытком алюминия ионы Al^{3+} входят в тетраэдры, а для зарядовой компенсации образуются дополнительные вакансии в октапозициях. Ионы титана Ti^{3+} и Ti^{4+} могут входить в регулярные полиэдры, замещая ионы Mg^{2+} и Al^{3+} , а также занимать вакансии нестехиометрической природы, образуя комплексы. Действительно, широкая полоса при 1,5 эВ приписывается полосе с переносом заряда между Ti^{4+} и Ti^{3+} [1]. Голубая окраска кристаллов может быть связана с переносом заряда с участием неконтролируемой примеси наноккомплексов ионов титана и железа $Ti^{4+} + Fe^{2+} \rightarrow Ti^{3+} + Fe^{3+}$.

1. A. Jouini, H. Sato, et al., *J. Crystal Growth* **287**, 313 (2006).

Особенности изменения электрических свойств оксида цинка при его легировании литием

Литвиненко В.С., студент; Ляшков А.Ю., доцент;

Макаров В.О., доцент

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск

Оксид цинка – материал широко применяемый в электронике при изготовлении варисторов, а также для производства приборов оптоэлектроники и полупроводниковых сенсоров газов [1]. Он активно исследуется как перспективный материал спинтроники [2]. На сегодняшний день разработка новых приборов электроники невозможна без детального изучения процессов, происходящих в полупроводниках при их легировании в различных технологических условиях.

Целью работы было изучение влияния на электропроводность добавки карбоната лития в оксидноцинковой керамике при температуре синтеза не более 900 °С.

Образцы изготовляли по керамической технологии. Для их приготовления использовали порошки ZnO и Li₂CO₃ квалификации «хч». Количество добавки карбоната лития составляло от 0,1 до 3 % по массе. Компоненты шихты смешивали в этиловом спирте, затем высушивали. Под давлением 100 МПа формовали диски диаметром 12 мм и толщиной до 4 мм. Заготовку обжигали при температуре 900 °С в воздушной атмосфере в течение 1 часа.

При добавлении 0,1 % Li₂CO₃ в керамику наблюдалось резкое падение электропроводности от $1,3 \cdot 10^{-5}$ до $2,3 \cdot 10^{-9}$ (Ом·м)⁻¹. Затем с ростом количества добавки наблюдался ее линейный рост до $9,1 \cdot 10^{-8}$ (Ом·м)⁻¹. Действительная и мнимая часть диэлектрической проницаемости у образцов, легированных литием, уменьшалась на 2-3 порядка по сравнению с нелегированным материалом.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности применения лития как акцепторного легирующего элемента для оксида цинка при сравнительно низких температурах синтеза.

1. Т.К. Gupta, *J. Am. Ceram.* **73** No 7 (1990).
2. Б.Б. Страумал, С.Г. Протасова, А.А. Мазилкин, Г. Шютц, Э. Гёринг, Б. Барецки, П.Б. Страумал, *Письма в ЖЭТФ* **97**, 5-6 (2013).

Радіаційна стійкість плівок власного оксиду InSe

Сидор О.М., науковий співробітник; Сидор О.А., науковий
співробітник

Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Чернівецьке
відділення, м. Чернівці

Власні оксиди (ВО) напівпровідників дуже широко застосовують в електронних компонентах. Низька густина об'єднаних зв'язків на ван-дер-Ваальсовій поверхні шаруватого кристалу InSe дозволяє формувати високоякісні плівки ВО уникаючи традиційних процесів шліфування, полірування і травлення та створювати ефективні фотоперетворювачі (ФП). Якщо раніше вивчався вплив опромінення на InSe чи структури на його основі, то метою даної роботи є дослідження радіаційної стійкості (РС) саме плівки ВО селеніду індію, як компоненти ФП власний оксид-InSe.

Формування плівок здійснювалось окисленням підкладинок InSe:Zn ($p \sim 1,0 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, $\sigma_{fc} \sim 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, $\mu \sim 25 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$) при $T = 420 \text{ }^\circ\text{C}$ та вільному доступі повітря. Тривалість процесу складала 60 хв. Значення поверхневого опору плівок ВО InSe було в межах $R_s \cong 220\text{-}230 \text{ Ом}/\square$. Опромінення зразків здійснювалось гальмівними γ -квантами з енергією 1-34 МеВ. Величини флюенсів склали $10^{12}\text{-}10^{16} \text{ см}^{-2}$, що відповідало дозі 14 Гр-140 кГр.

Експеримент показав, що при початкових флюенсах $10^{12}\text{-}10^{13} \text{ см}^{-2}$ опір опроміненої плівки ВО у порівнянні з неопроміненою несуттєво зменшується (від 3,1 до 2,7 %). Для флюенсів $10^{14}\text{-}10^{15} \text{ см}^{-2}$ ця зміна складала незначні 1,2-0,1 %. Подальше γ -опромінення не впливало величину R_s . (зміна складала мізерні 0,4 %).

Аналогічною поведінкою характеризувався високоенергетичний край fotocутливості ФП власний оксид-InSe, що відповідав поглинанню фотонів у плівці оксиду. Зміна крутизни даного краю fotocутливості не перевищила 5 %.

Можна стверджувати, що РС плівок ВО InSe, отриманих методом термічного окислення, винятково висока і порівняна з металами. Отже, РС ФП власний оксид-InSe, у яких оксидні плівки служать фронтальним бар'єрним електродом, обмежується стійкістю до γ -випромінювання шаруватого напівпровідника.

Визначення абсолютного виходу фотонів з поверхонь наноструктурованих матеріалів

Маркович Л.М., науковий співробітник; Лінтур М.І., науковий
співробітник; Приходько М.В., науковий співробітник;
Подгорецька Г.Ю., науковий співробітник
Ужгородський національний університет, м. Ужгород

При визначенні абсолютного виходу фотонів виникають певні труднощі пов'язані з декількома причинами. Зокрема, при виконанні даних експериментів необхідно точно виміряти величину сигналу, який проходить через систему реєстрації і аналізу оптичного випромінювання від еталонного джерела та від досліджуваного зразка. При цьому для досягнення точності в визначенні величини сигналів, що порівнюємо (від еталону і досліджуваного зразка) необхідно всі виміри виконувати при одних і тих же умовах: в однакових спектральних інтервалах частот, в однакових умовах збору і аналізу оптичного випромінювання. Калібровку системи реєстрації ми виконували за допомогою еталонних джерел неполяризованого випромінювання, а саме, вольфрамової лампи СІ-8-200 (для спектральної області 350-800 нм) і газорозрядної водневої лампи ДВС-25 (для області 200-350 нм). Істинний спектральний розподіл інтенсивності вольфрамової лампи СІ-8-200 розраховується за формулою Планка для заданої температури T середньої частини вольфрамової смуги лампи з врахуванням випромінюючої властивості сірого тіла. Спектр записаний для лампи ДВС-25 зшивали з розподілом інтенсивності вольфрамової лампи СІ-8-200.

Абсолютний вихід фотонів з поверхні досліджуваного зразка на один падаючий електрон, на даній довжині хвилі визначили за формулою:

$$N \left[\frac{\Phi_{от}}{c \cdot h \cdot \nu} \right] = \frac{I_{експ.}(\lambda) \cdot S \cdot 2\pi \cdot}{\beta(\lambda) \cdot S_{експ.} \cdot I_{эл.} \cdot \Omega \cdot D \cdot \Delta l_{експ.}} \quad (1.1)$$

площа вхідної щілини $\rightarrow S_{експ} = \Delta l \cdot \Delta h$, де Δl – ширина вхідної щілини, Δh – висота вхідної щілини.

$$I_0 = \frac{I_{\text{експ}} \left[\frac{\text{і.м.}}{\text{сек}} \right]}{I_{\lambda} \left[\frac{\text{і.м}}{\text{фот}} \right]} \quad (1.2)$$

де $I_0 \left[\frac{\text{фот}}{\text{сек}} \right]$ – чутливість ФЕП;

$I_{\text{експ}}$ – відносна інтенсивність отримана під час експерименту на даній довжині хвилі;

I_{λ} – інтенсивність отримана на еталонних джерелах на даній довжині хвилі.

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha) = 2\pi \left(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{L^2}} \right) \quad (1.3)$$

Ω – тілесний кут спостереження;

r – радіус лінзи;

L – відстань від лінзи до вхідної щілини монохроматора;

S_0 – площа зразка, яка опромінюється електронами;

$I_{\text{ел}}$ – електронний струм бомбардуючого пучка.

Користуючись методикою, яка описана вище, ми отримали дані абсолютного виходу фотонів на один падаючий електрон при взаємодії електронів середніх енергій з поверхнею плівки As_2S_3 , напорошеної на скло марки К-8 (N_1) і кремній високої чистоти (N_2), а також з поверхонь наноструктурованих плівок $\text{Se}/\text{As}_2\text{S}_3$, $\text{Te}/\text{As}_2\text{S}_3$ та $\text{Vl}/\text{As}_2\text{S}_3$ в діапазоні довжин хвиль від 200 до 800 нм, який склав відповідно: $N_1 = 1,75 \cdot 10^{-3}$ фот/нм·ел., $N_2 = 7,57 \cdot 10^{-4}$ фот/нм·ел., $N_3 = 1,8 \cdot 10^{-3}$ фот/нм·ел. $N_4 = 8,8 \cdot 10^{-4}$ фот/нм·ел., $N_5 = 1,3 \cdot 10^{-3}$ фот/нм·ел.

Микроструктура быстрозатвердевших фольг сплава Al – 28.5 ат. % Ge – 1.5 ат. % Si

Гусакова О.В., *научный сотрудник*

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Повышение прочности паяных конструкций алюминия достигается не только выбором оптимального состава припоя, но и качеством его микроструктуры. В связи с этим актуальна разработка припоев с более низкой по сравнению с силуминами температурой плавления, обеспечивающих комплекс высоких механических и коррозионных свойств паяных соединений. Фольги сплава Al – 28.5 ат. % Ge – 1.5 ат. % Si получались при затвердевании расплава на внутренней поверхности медного барабана, вращающегося с линейной скоростью 15 м/с. Скорость охлаждения расплава составляет 10^5 К/с.

Метод сверхбыстрой закалки из расплава позволяет получить однородное распределение компонент и дисперсную микроструктуру с размерами фаз, составляющих эвтектику в 80-100 нм, как показано на рисунке 1.

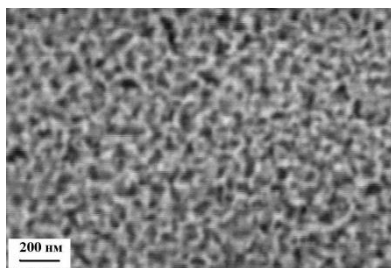


Рисунок 1 – Микроструктура быстрозатвердевшей фольги сплава
Al – 28.5 ат. % Ge – 1.5 ат. % Si.

Микротвердость фольг на 20 % превышает микротвердость массивных образцов. Изучены временная и температурная стабильности фольг. Установлено, что при температуре выше 200 °С наблюдается укрупнение элементов частиц фаз, составляющих эвтектику, а при температуре выше 400 °С наблюдается выделение фазы кремния.

Определение ширины запрещенной зоны кристаллов Tl Ga Se₂

Нахмедли А.И., студент

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит,
Азербайджан

Исследование спектров фотопроводимости в кристалле Tl Ga Se₂ позволило определить ширину запрещенной зоны этого кристалла. Образцы для изучения фотоэлектрических свойств изготавливались скалыванием кристаллов из плоскопараллельных пластинок дырочной проводимостью. Омическим контактом служил расплавленный индий. Электрическое поле было направлено вдоль естественных слоев, а свет был направлен перпендикулярно слоям. Спектры фотопроводимости измерялись при 300 К. Межэлектродные расстояния изготовленных образцов изменялись в диапазоне 0,25 ÷ 0,45 см, а площади образцов, перпендикулярные сквозному току от $2,7 \cdot 10^{-3}$ до $1,2 \cdot 10^{-2}$ см².

Измерения фототока проводились в немодулированном потоке излучения при напряженности электрического поля, соответствующего омическому участку вольт-амперной характеристики образцов.

После измерения спектральных характеристик фототоков производилось уравнивание световых потоков по числу квантов с помощью отградуированного германиевого фотодиода.

Кривые спектрального распределения фотопроводимости кристаллов Tl Ga Se₂ нами использовались для определения ширины их запрещенных зон. При этом за величину ширины запрещенной зоны (E_g) принималось значение энергии фотонов, соответствующее полуспаду фотопроводимости на длинноволновом краю. Из кривых получено, что ширина запрещенной зоны кристалла Tl Ga Se₂ при комнатной температуре равна 2,15 еВ.

Руководитель: Годжаев М.М., доцент

СЕКЦІЯ 4

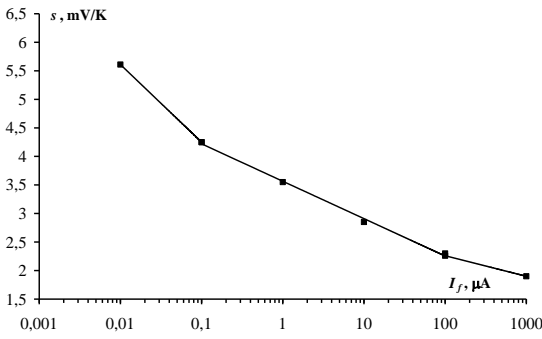
«Електронне приладобудування»

Diode temperature sensors with tunable sensitivity

S.Yu. Yerochin, *Researcher*; A.N. Demenskiy, *Jr. Researcher*;
V.A. Krasnov, *Sr. Researcher*; S.V. Shutov, *Sr. Researcher*

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NASU,
Laboratory №23, Kherson

We investigated the possibility of using of AlGaInP heterostructures with p - n junction as diode temperature sensors having quasi-linear dependence of the forward voltage drop on the ambient temperature at the fixed direct current. Thus we measured the current-voltage characteristics of the p - n structures in the temperature range 293-550 K. Using the data obtained we calculated the differential current thermal sensitivity of the structures mentioned. A semilogarithmic plot of the thermal sensitivity vs. forward current dependence is presented in the figure. As one can see from the graph plotted the dependence has a characteristic property: there are



three distinct sections in it having different slopes. This means that there are different current transport mechanisms that predominate in each section. At the lowest current ($\sim 10^{-8}$ - 10^{-7} A) the current transport is dominated by tunneling, then one can observe mixed tunnel-current recombination

transport mode ($\sim 10^{-7}$ - 10^{-4} A) and at further current rise ($\geq 10^{-4}$ A) the diode gradually passes into recombination mode with appreciable influence of the series resistance at $I \geq 10^{-3}$ A.

All of this allows to conclude that it is possible to design temperature sensor based on the AlGaInP p - n heterostructures with tunable thermal sensitivity [1] by changing the magnitude of the forward current through the diode.

1. Yu. M. Shwarts, *Physical fundamentals of the semiconductor devices of extreme electronics*. (Dr. of Sci. Thesis, Kyiv: V. Lashkaryov ISP NASU: 2004).

The measurement of LF noise spectral exponent of optocouplers by three-point method

Reschikoff S.E., *PhD Student*

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

In the electronics low-frequency (LF) noise often used for reliability estimation of semiconductor devices. Spectral exponent of noise may be used as an informative parameter. The simplest method of exponent measurement is to measure power spectral density (PSD) of noise on two frequencies [1]. Then the noise spectral exponent is

$$\gamma = \ln(G_1/G_2)/\ln(f_2/f_1), \quad (1)$$

where G_1 , G_2 are PSDs; f_1 , f_2 are corresponding frequencies.

To eliminate the influence of white noise the method of exponent evaluation by three points of spectrum is proposed:

$$\gamma_m = \log_k((G_1 - G_{add})/(G_{add} - G_2)), \quad (2)$$

where G_{add} is PSD of LF noise on additional point; $k = (f_2/f_1)^{1/2}$.

For investigation HCNR200 high-linearity analog optocouplers of Avago Technologies were chosen. We performed electric noise measurement of LED in 10 samples of optocouplers. Noise measurements were carried out by noise generator method. Measurement setup mainly consists of G2-37 noise generator and selective nanovoltmeter Unipan 233.

Input current was set at 5 mA. The relative effective bandwidth (– 3db) of analyzing filter was set at 0.2. We measured PSD of noise on three frequencies: 200 Hz, 1000 Hz and 5000 Hz. And then we calculated spectral exponent values by (1) and by (2). We found, that mean value of γ is 1.11 for calculating by (1), and γ is 2.16 for calculating by (2). And standard deviations are 0.22 and 0.24 respectively.

So, it is obviously, that results of spectral exponent measuring by two frequencies may be extremely doubtful. Therefore, it is necessary to develop measurement setups based on a formula (2).

Supervisor: Sergeev V.A., *Docent*

1. M.I. Gorlov, D.Yu. Smirnov, N.N. Koz'yakov, *Semiconductors* **43**, 1737 (2009).

Устройство для снижения воздействия света на глаза водителя

Абдуллаева З.М., *студент*
Сумгаитский государственный университет,
г.Сумгаит, Азербайджан

Все, кто управлял автомобилем в темное время суток, мог обратить внимание на то, что свет, исходящий от фар автомобилей, движущихся навстречу, сильно ослепляет водителя. Фары ночного освещения при минимальном сближении со встречным автомобилем фактически становятся причиной кратковременной потери зрения водителя.

В данной работе предлагается проект устройства для минимализации негативного воздействия светового потока на глаза водителей [1], в двух вариантах: первый основывается на механическом повороте плоских кристаллов поляризаторов вокруг оси, а второй - эффекте Фарадея. В принципиальной схеме первого устройства поворотом одного поляризатора относительно другого можно управлять при помощи электрической схемы, состоящей из фотоэлемента и усилителя постоянного тока. При минимальном сближении встречных автомобилей сигнал от фотоэлемента, установленного снаружи автомобиля со стороны встречного движения, поворачивает поляризатор на максимальный угол $\sim 90^{\circ}$. Интенсивность прошедшего через него света будет минимальной. Схема устройства второго типа состоит из кристалла поляризатора, помещённого в лобовое стекло автомобиля, и электрической катушки. Кристалл внутри обмотки под воздействием магнитного поля цепи поворачивает ось поляризации при уменьшении или увеличении интенсивности проходящего через него светового потока. Напряжение в цепи обмотки зависит от расстояния до встречного автомобиля.

Руководитель: Оруджев С.К., *доцент*

1. Дж.Ф. Мамедов, *Автомобильная промышленность* № 3, 15 (2014).

Програмний комплекс пульсоксиметру

Культюгіна К. А., студент

НТУУ «КПІ», Факультет біомедичної інженерії, м. Київ

Існує безліч патологій, які супроводжуються хронічною нестачею кисню в крові (гіпоксією). В цьому випадку показник сатурації кисню крові вимагає постійного спостереження. На сьогоднішній день існує велика кількість пульсоксиметрів, що контролюють вміст кисню в крові та частоту серцевих скорочень (ЧСС). У більшості випадків пульсоксиметр коштує невиправдано дорого за рахунок того, що містить як програмну так і апаратну частину. Значно здешевити пристрій можна, розділивши програмну та апаратну частини, тобто проводити аналіз результатів з апаратної частини за допомогою персонального комп'ютера. Мета роботи полягала у розробці простого у використанні програмного комплексу пульсоксиметру, який може бути сумісний будь-яким сенсором апаратної частини.

Для реалізації даної програми була обрана графічна мова G, яка застосовується в LabVIEW. Схема інтерфейсу розробленого комплексу у середовищі LabVIEW зображено на рис. 1.

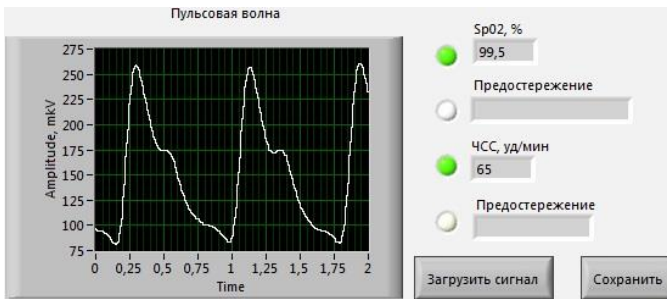


Рисунок 1 – Інтерфейс програмного комплексу.

У роботі розроблено програмний комплекс пульсоксиметра, який за допомогою пульсової хвилі, що отримана з апаратної частини, розраховує ЧСС та вміст кисню в крові. Запропонований комплекс простий у користуванні і після калібрування може використовуватись з будь-яким апаратним сенсором.

Дихотомічна класифікація металевих цільових спектральним методом

Фурманчук В.Ю., студент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Існує велика кількість металошукачів вихрострумowego типу, які представлені багатьма фірмами виробниками (Minelab, Fisher, Garret та ін.). Металошукачі побудовані за даним принципом мають високу чутливість та дискримінацію, яка являє собою дихотомічну класифікацію цілі за типом металу на чорний і кольоровий. Дану задачу дихотомічної класифікації можна вирішити спектральним методом. Було проведено серію експериментів по знаходженню спектральних характеристик сигналів вихрострумowego металошукача (рис. 1).

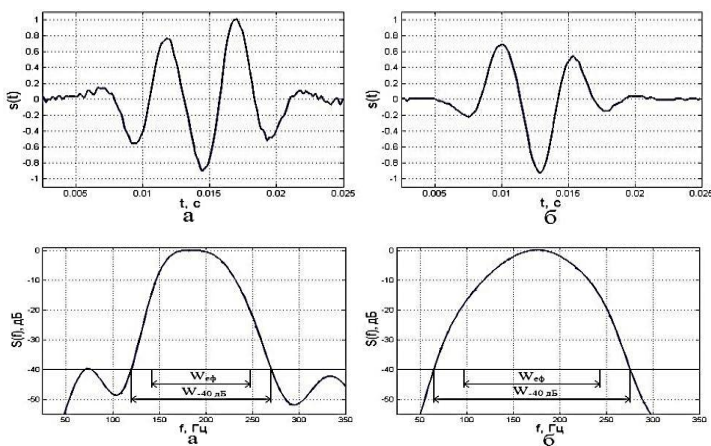


Рисунок 1 – Вигляд сигналу (а, б) і амплітудного спектру (в, г) металошукача вихрострумowego типу для заліза (а, в) та алюмінію (б, г).

З отриманих результатів видно, що дихотомічну класифікацію металів можна робити спектральним методом за допомогою порівняння ширин спектрів на рівні -40 дБ та еквівалентних ширин спектрів чорного і кольорового металів.

Керівник: Мрачковський О.Д., доцент

Измерительный комплекс для контроля параметров фотоэлектрических модулей промышленного производства

Кириченко М.В., старший научный сотрудник;
Зайцев Р.В, доцент; Прокопенко Д.С., студент
Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

При разработке и проведении входного контроля фотоэлектрических модулей (ФЭМ), закупаемых для комплектации солнечных электростанций, необходимо определять его выходные параметры. Для этого измеряется световая вольт-амперная характеристика при облучении излучением спектральный состав которого приближается к солнечному свету.

Разработанный измерительный комплекс включает в себя осветитель, состоящий из шести студийных ксеноновых фотовспышек Falcon Eyes SS 150BJ, который позволяет проводить исследование ФЭМ площадью до 2 м². Контроль мощности излучения осуществляется с помощью эталонного фотопреобразователя. Для использования в качестве сопротивления нагрузки изготовлен магазин сопротивлений нагрузки, в котором коммутация резисторов осуществляется с помощью MOSFET транзисторов типа IRFZ48Z, обладающих в открытом состоянии очень малой (0,011-0,012 Ом) величиной сопротивления канала и не вносящих существенной помехи в величину сопротивления нагрузки даже при измерении тока короткого замыкания. Регистрация падения напряжения на сопротивлении нагрузки осуществлялась с помощью цифрового осциллографа RIGOL DS1052E, имеющего возможность непосредственного подключения к персональному компьютеру. Стабилизация напряжения питания элементов измерительного комплекса обеспечивается стабилизатором напряжения SVEN AVR-3000.

Апробация изготовленного стенда проводилась при облучении ФЭМ промышленного производства излучением мощностью от 1000 до 2000 Вт/м². Установлено, что изготовленный комплекс обеспечивает адекватное воспроизведение условий работы ФЭМ. Показано, что мощность излучения 1700 Вт/м² является оптимальным значением, при котором обеспечивается увеличение максимальной вырабатываемой ФЭМ мощности до 450 Вт и более.

Определение температуры перегрева силовых SiC-диодов Шоттки

Деменский А.Н., младший научный сотрудник; Ерохин С.Ю., научный
сотрудник; Краснов В.А., старший научный сотрудник;
Шутов С.В., старший научный сотрудник
Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева
НАН Украины, лаб. 23, г. Херсон

От температуры кристалла во время работы зависят эксплуатационные параметры и характеристики надежности полупроводниковых диодов. Поэтому разработка способов, позволяющих достаточно точно определять температуру кристалла с целью выбора наиболее оптимальных режимов эксплуатации полупроводниковых приборов является актуальной задачей. Более предпочтительными являются неразрушающие способы измерения, поскольку они не требуют осуществления раскорпусировки приборов.

В данной работе проводилось измерение температуры перегрева ΔT кристалла 4H-SiC диода Шоттки SCS106AG фирмы ROHM Semiconductor. Нами разработан неразрушающий способ определения ΔT по уровню снижения прямого падения напряжения при вариации температуры [1]. Измерена вольт-амперная характеристика исследуемого диода при температуре среды эксплуатации $T_a = 25^\circ\text{C}$, а также построена термометрическая характеристика диода при токе, не перегревающим кристалл. Получена зависимость величины перегрева кристалла от заданного рабочего тока в непрерывном режиме эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1 – Зависимость величины перегрева диода SCS106AG от рабочего тока.

$\Delta T, ^\circ\text{C}$	86,66	90,70	94,73	97,42	102,80	110,87
I_p, A	6	8	10	12	15	20

Заметим, что с помощью данного способа можно определять температуру перегрева кристалла не только диодов Шоттки, но также лазерных и выпрямляющих диодов, светодиодов и других полупроводниковых приборов с активными переходами.

1. О.М. Деменський, С.Ю. Єрохін, В.О. Краснов, О.М. Лебедь, С.В. Шутов Патент України № 102780 U (2015).

Контроллер заряда аккумулятора от солнечной панели

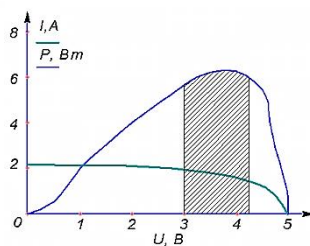
Филимонов С.А., доцент; Циба А.А., ст. преподаватель;
Филимонова Н.В. ассистент

Черкасский государственный технологический университет,
г. Черкассы

Использование солнечных панелей в качестве автономных источников энергии пользуется большей популярностью. Одним из основных элементов систем на основе солнечных элементов является контроллер заряда аккумулятора. Следует отметить, что контроллер заряда необходимо разрабатывать под соответствующую солнечную панель, так как входное напряжение может варьироваться в значительных пределах. Нами собрана солнечная панель, внешний вид которой представлен на рис. 1а.



а



б

Рисунок 1 – Солнечная панель: экспериментальный образец (а);
электрические характеристики (б)

Оптимальное выходное напряжение для зарядки аккумулятора (Рис. 1б) находится в пределах от 3,0 до 4,2 В. Нами проведены экспериментальные исследования микросхем для преобразователей напряжения. Оптимальным решением оказалась микросхема XL6009, которая позволила с высоким КПД (~ 90 %), повысить входное напряжение от 3 до 12 В. Таким образом, используя микросхему XL6009 можно собрать бюджетный контроллер заряда солнечной панели.

1. Б.Ю. Семенов, *Силовая электроника: от простого к сложному* (Москва: СОЛОН-Пресс: 2005).

Портативний реєстратор сигналів отоакустичної емісії

Заїченко О.О., *магістрант*

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Насьогодні, відхилення у роботі органу слуху спостерігаються у кожній десятій людини на планеті. Серед методів діагностики слуху особливої уваги надається реєстрації сигналів отоакустичної емісії (ОАЕ), що є одним із ефективніших у західних країнах.

Автором проведено аналіз методів реєстрації сигналів ОАЕ [1] та розроблено структуру портативного реєстратора (рис. 1) на основі мікропроцесорної платформи OMAP3530, яка здійснює цифрову фільтрацію та функції аналізатора ехо-сигналу, генерацію акустичних стимулів, відображення результатів обстеження на екран та керування роботою всього засобу.

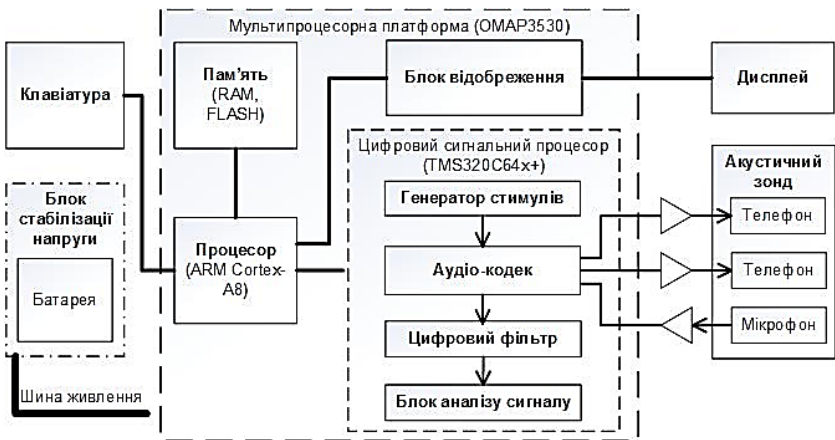


Рисунок 1 – Структура портативного реєстратора сигналів ОАЕ

Використання потужної готової платформи дозволяє за рахунок створюваного програмного забезпечення реалізувати наступні режими обстеження: спонтанна ОАЕ, викликана затримана ОАЕ та ОАЕ на частоті продукту спотворення.

1. J. Katz, *Handbook of clinical audiology* (Baltimor: Wilkins: 2015).

Вимірювання ефекту Холла в металевих плівкових матеріалах

Волков С.О., *аспірант*; Томашевський Є.О., *студент*;

Однодворець Л.В., *доцент*

Сумський державний університет, м. Суми

Дослідженню ефекту Холла в функціональних матеріалах електроніки приділяється велика увага, оскільки на його основі можуть бути створені високочутливі вимірювачі магнітного поля і сильних електричних струмів, мікроелектронні компаси, датчики переміщення та вимірювання частоти обертання, вивчені процеси перемагнічування в спін-вентильних структурах.

У роботі розроблено лабораторний стенд (Рис. 1) для дослідження ефекту Холла в тонких плівках. Максимальна величина магнітного поля складає $B_{\max} = 150$ мТл.

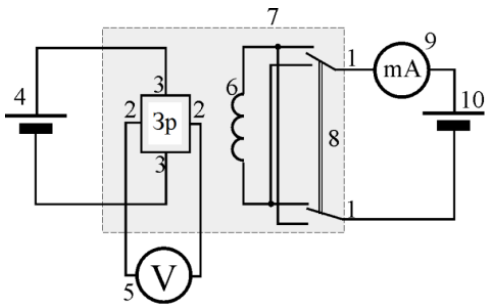


Рисунок 1 – Електрична
схема стенду: (1-1) – коло
живлення електромагніту; 6 –
електро-магніт; 10 – джерело
постійної напруги; 8 –
перемикач; 9 – мультиметр;
(2-2) – ланцюг вимірювання

напруги Холла: 5 – мультиметр; (3-3) – коло живлення зразка; 4 –
джерело постійної напруги; 7 – електронна схема на основі датчика
Холла; 3р – плівковий зразок

З використанням лабораторного стенду проведені вимірювання сталої Холла (СХ) в металевих плівках Fe, Co, Cu, Cr і Al товщиною $d \cong 40$ нм, величина якої склала : +9,1; +4,0; -0,9; +3,8 і $-0,6 \cdot 10^{-10}$ м³/К відповідно. Дослідження ефекту Холла в плівках різної товщини дозволить встановити розмірну залежність СХ, на характер якої впливають зонна структура (природа) плівкового матеріалу, механізми розсіювання електронів провідності на магнітних моментах і процеси розсіювання, пов'язані із спін-орбітальною взаємодією.

Дифузійні бар'єри інтегрованих мікросхем на основі плівок W і Ti

Подуремне Д.В., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

На сучасному етапі розвитку мікроелектроніки актуальною залишається проблема термічної стабільності металізації кристалів. Для вирішення даної проблеми сформовані різні види багат шарових систем металізації, які у самому загальному випадку містять три основних шару: адгезійний, бар'єрний і захисний. При тривалому високотемпературному і струмовому навантаженні відбувається деградація мікроелектронної структури, а саме: втрата адгезії металізації; руйнування з'єднань між шарами; розплавлення бар'єрного шару. У структурі багат шарової металізації використовуються бар'єрні (розділові) шари, які запобігають утворенню інтерметалевих з'єднань, а також перешкоджають дифузії металу одного шару в інший. Як бар'єрні шари застосовують одношарові плівки тугоплавких металів (W і Mo) та сплави на їх основі. Плівкові сплави на основі W і Ti широко використовуються в транзисторно-транзисторній логіці (ТТЛ) великих інтегрованих мікросхем (ВІС) [1]. Плівки Pd і Pt як чутливі елементи сенсорів, плівкових електродів з високою термічною і хімічною стабільністю мають невисоку адгезію до підкладок ВІС. Тонкий шар Ti, W або титанату вольфраму суттєво збільшують адгезію плівок до підкладки і термічну стабільність мікроелектронної структури в цілому.

Проведені дослідження терморезистивних властивостей плівок Pd/W/Ti/П (П – підкладка), сформованих методом пошарової конденсації, з подальшою термообробкою протягом трьох циклів в температурному інтервалі 300-800 К. Отримано, що плівки Pd(10-15 нм)/W(15-20 нм)/Ti(15-20 нм)/П мають високу термічну стабільність (температурний коефіцієнт опору $\beta = (7,8-9,0) \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$), що говорить про можливість застосування плівкових систем W/Ti як дифузійних бар'єрів ВІС між підкладкою і провідниковими плівками благородних металів.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

1. Q. Zhang, R. Dormaier, T. Buehl, B. Liu, S. Mohny, *Microscopy and Microanalysis* **13**, 788 (2007).

Розробка автоматизованої системи крапельного зрошення плодоовочевих культур

Салогор В.В., *студент*

Черкаський національний університет імені Богдана
Хмельницького, м. Черкаси

Невпинне зростання населення нашої планети ставить проблему продовольства на перше місце. Поряд із цим постійно зростає техногенне забруднення навколишнього середовища. Тому повстає завдання одержання екологічно чистої продукції сільськогосподарського господарства.

Розробка мікропроцесорної автоматизованої системи крапельного зрошення плодоовочевих культур, що розробляється, призначена для вимірювання рівня вологості ґрунту та своєчасної подачі води та добрив в корінь рослин. За допомогою мікропроцесорної системи крапельного зрошення створюються ідеальні умови для зростання рослин. Принцип вимірювання вологості заснований на факті діелектричної проникності ґрунту. Чим більше води в ґрунті, тим менший опір, провідність ґрунту підвищується, діелектрична провідність ґрунту зменшується. Контроль подачі води буде контролюватися широтно-імпульсною модуляцією.

Завдяки системі контролю з'являється можливість більш точно дозувати полив, уникнути перезволоження ґрунту та економити споживання води і грошові кошти (в тих місцях, де вода має високу вартість).

Принцип роботи системи крапельного зрошування простий і ефективний. Полягає він в наступному: вода надходить безпосередньо до кожної рослини під самі корені постійно або ж через певні проміжки часу невеликими порціями. Тому поливати можна навіть у саму жарку погоду не боячись пошкодити листя рослин, вода засвоюється в повному обсязі, вода, що надходить тепла, так як встигає нагрітися під час руху по трубках, немає потреби переносити шланги по ділянці.

Розробка частотоміра на базі контролера Arduino

Наконечний С.О., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Методика вимірювання товщини тонких плівок за падінням частоти на пластині кварцу має багато переваг у порівнянні з іншими методами. Такий підхід дозволяє контролювати товщину плівок в процесі напilenня у режимі реального часу та має високу точність. Однією з проблем розповсюдження даного методу є висока вартість частотомірів та складність їх самостійного виготовлення. Нами була поставлена задача розробки приладу для вимірювання частоти з мінімальною вартістю і максимальним використанням елементів, що виготовляються серійно.

Апаратною платформою для частотоміра нами було обрано Arduino Nano на базі мікроконтролера AVR ATmega 328P з робочою частотою 16 МГц. Платформа Arduino дозволяє розробляти закінчені електронні пристрої і програмувати їх логічну частину на мові C++. Для виведення інформації нами було обрано символний дисплей 1602 (дві строки по 16 символів), керування приладом здійснюється багатофункціональними кнопками. Можливість самостійного програмування приладу дозволила реалізувати у ньому декілька корисних з практичної точки зору функцій: підрахунок зміни частоти на пластині кварцу та розрахунок товщини в режимі реального часу; задання кнопками густини матеріалу, яка використовується для розрахунку товщини. Для зручності користування приладом, введене значення густини матеріалу зберігається у енергонезалежній пам'яті EEPROM та зчитується при його ініціалізації. На дисплей, в процесі роботи, виводиться наступна інформація: поточна частота та різниці частоти при активованій функції підрахунку; поточна товщина; густина матеріалу та службова інформація стосовно режиму роботи. Для використання частотоміру у складі автоматизованих систем нами було реалізовано підключення його до комп'ютера через вбудований послідовний на плату контролера перетворювач інтерфейсів USB-UART, а передача даних здійснювалась через протокол Serial.

Керівник: Тищенко К.В., *асистент*

Програмно-апаратне забезпечення для дослідження магніто-деформаційних властивостей плівкових матеріалів

Говорун М.В., *аспірант*; Великодний Д.В., *старший викладач*
Сумський державний університет, м. Суми

Унікальні властивості плівкових матеріалів та широкий спектр їх застосування у якості чутливих елементів сенсорів приваблювали дослідників упродовж тривалого часу. За цей період було накопичено значну кількість теоретичних та експериментальних матеріалів. Проте, виходячи з швидкоплинного технологічного прогресу, існує потреба у пошуку матеріалів з покращеними магніто-деформаційними характеристиками та термостійкістю. Процес проведення експериментальних досліджень потребує значних затрат часу, а людський фактор суттєво впливає на чистоту отриманих результатів.

Зважаючи на вищезгадані чинники, було вирішено розробити програмно-апаратне забезпечення для дослідження магніто-деформаційних властивостей плівкових матеріалів.

Особливістю даного пристрою є можливість одночасної конденсації трьох двокомпонентних тонкоплівкових зразків з різними товщинами з точністю ± 1 нм, завдяки поперечному механізму переміщення зразків, а також вимірювання магніто-деформаційних властивостей в постійному магнітному полі 50 мТл та без нього, завдяки системі автоматизованого переміщення постійних магнітів в робочу область плівкових зразків.

Мінімізація людського фактору досягається за рахунок того, що всі операції конденсації плівок а також дослідження їх властивостей відбуваються в автоматичному режимі під управлінням розробленого в LabView програмного забезпечення, а сам пристрій знаходиться у вакуумній камері та під'єднаний безпосередньо до електромережі установки ВУП-5М. Корпус виготовлено з немагнітних матеріалів, які не вступають в реакцію та стійкі до умов проведення дослідження. Апаратна частина працює під керуванням мікроконтролерного комплексу Arduino Mega.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

Цифровой измеритель учебных лабораторий электротехники

Ворсин Н.Н., *доцент*; Янусик И.С., *доцент*
Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Беларусь

Одним из способов организации лабораторного практикума по электротехнике является использование стандартных измерительных комплектов K505, K540 и т.п., которые почти полностью обеспечивают необходимые измерения и вырабатывают навыки обращения с реальной аппаратурой. Недостатком такого подхода является громоздкость стандартных комплектов, высокая стоимость и несоответствие их современной, преимущественно цифровой, измерительной технике.

В качестве альтернативы стандартным комплектам для учебных лабораторий разработан цифровой трехфазный измеритель с нулевыми клеммами (аналогичный K505). В отличие от прототипов данный прибор позволяет измерять как переменный, так и постоянный ток нулевого провода. Для измерений переменных линейных токов используются токовые трансформаторы, а измерение тока нулевого провода осуществляется с помощью шунта 0.05 Ом. Результаты измерений: выбранная фаза, действующие значения напряжения, тока и активной мощности в ней или в нулевом проводе, порядок чередования фаз отображаются на ЖК дисплее. Хорошая разрешающая способность цифрового индикатора и ограниченный в учебных лабораториях диапазон возможных значений измеряемых величин (500 В, 5 А и 500 Вт) позволили отказаться от переключателей пределов измерений. Единственным органом управления является кнопка выбора измеряемой фазы. Питание прибора осуществляется от любого источника с действующим значением напряжения от 40 до 230 В. Функционирование тестера основано на вычислениях действующих значений напряжений и токов, а также активной мощности по отсчетам их мгновенных значений. Взятие отсчетов осуществляются с периодом 120 мкс. Постоянная времени накопления результатов составляет 0,5 с (осреднение по 4096 отсчетам). Каждый экземпляр тестера проходит "цифровую" калибровку по приборам высокого класса точности. Определенные при этом калибровочные константы записываются в постоянную память микроконтроллера и используются им в дальнейшем.

Розробка лабораторного стенду для вимірювання характеристик джерел оптичного випромінювання

Іващенко О.Ю., *студент*; Нескородева К.А., *студент*;
Сущенко Б.І., *студент*; Лободюк О.С., *завідувач лабораторіями*
Сумський державний університет, м. Суми

У сучасній оптоелектроніці застосовують декілька груп джерел оптичного випромінювання: мініатюрні лампи розжарювання; неонові лампи; порошкові та тонкоплівкові електролюмінесцентні комірки, електролюмінесцентні конденсатори, лазери і світлодіоди. До джерел випромінювання застосовуються такі вимоги: спектральне узгодження з обраним фотоприймачем; висока ефективність перетворення енергії електричного струму в енергію випромінювання; переважна спрямованість випромінювання; висока швидкодія; простота і зручність збудження і модуляції випромінювання.

Світловипромінювальний діод (СД) – це напівпровідниковий пристрій, який випромінює некогерентне світло при пропусканні через нього електричного струму, та має наступні переваги: високе значення ККД перетворення електричної енергії в оптичну; квазімонохроматичність; широкий спектральний діапазон; висока спрямованість випромінювання; висока швидкодія; сумісність з транзисторами і інтегральними мікросхемами; можливість роботи, як в імпульсному, так і в безперервному режимі; лінійність ват-амперної характеристики в більш-менш широкому діапазоні вхідних струмів; висока надійність і довговічність; малі габарити. Світло, яке випромінюється СД, лежить у вузькій ділянці спектру, а його колір залежить від хімічного складу використаного у СД напівпровідника.

Мета роботи полягала в розробці лабораторного стенду для дослідження робочих характеристик СД як малоінерційних джерел оптичного випромінювання.

Розроблено лабораторний стенд, до складу якого увійшли (Рис.1): світлодіоди різних типів (VD1 – VD10); вузол комутації; вимірювальні прилади (мультиметри типу DT-830A); змінний резистор типу ППБ-1А опором 2,2 кОм; імпульсне джерело живлення на базі Push-down генератора напругою до 10 В. Використання в схемі баластного резистора R2 призначене для унеможливлення виходу з ладу окремого СД. Зміна опорного резистора R1 дає змогу змінювати струм в колі СД.

Схема функціонує в діапазоні напруг від 0,2 до 750 В та струмів – від 0,0002 до 10 А.

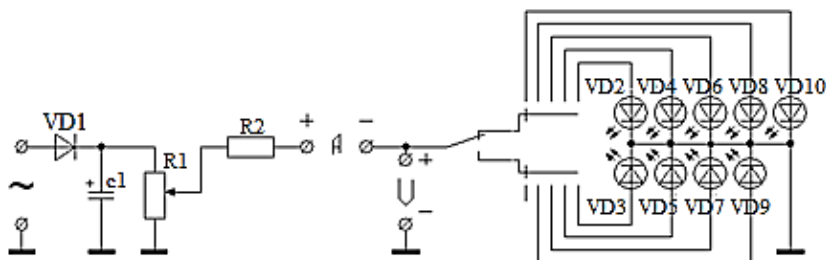


Рисунок 1 – Електрична принципова схема лабораторного
стенду.

З використанням лабораторного стенду проведені дослідження вольт-амперних характеристик СД різних типоміналів. Аналіз вольт-амперних характеристик світлодіодів типоміналами АЛ307ВМ, АЛ102Б, АЛ307И, АЛ307Д, АЛ102В, АЛ307ЕИ, АЛ307КМ, АЛ307Б і КЛД901 показує, що при збільшенні прямого струму на величину від 0 до 15 мА пряма напруга експоненціально збільшується на величину від 0,01 до 4,0 В, що пов'язано із процесами перерозподілу електронів і дірок в р-n-переході під дією зовнішньої напруги. Порівняння розрахункових результатів з довідниковими дає задовільне узгодження, а деяка невідповідність параметрів пов'язана із похибкою вимірювальних приладів. Установлено, що при зростанні величини електричного струму, опір світлодіода значно знижується (залежність має експоненціальний характер), а потужність зростає (лінійна залежність). Показано, що світлодіоди є малопотужними індикаторними приладами ($P \leq 0,01$ Вт) і мають силу світла від 0,5 до 50 мКд при прямому струмі 20 мА та значенні напруги 2 В.

Оскільки вольт-амперна характеристика СД в прямому напрямку нелінійна, а СД починає проводити струм, починаючи з деякого порогового значення напруги, то можна досить точно визначити матеріал, на основі якого сформовано СД.

Керівник: Олександр Л.В., доцент

Регенеративные электронные системы на модулярных архитектурах: теоретические аспекты

Савкин Л.В., *соискатель*
ПАО «Радиофизика», г. Москва, Россия

Стремительное развитие различных концепций реконфигурируемых вычислительных систем (РВС) [1] стало во многом успешным благодаря наличию такой современной элементной базы как ПЛИС. Помимо реализации «гибких» вычислений, РВС представляют сегодня теоретический и практический интерес с точки зрения построения отказоустойчивых вычислительных систем с резервированием элементов на уровне конфигурируемых логических блоков – регенеративных электронных систем (РегЭС) [2]. Помимо классических подходов, использующих позиционные системы счисления, во многих странах уже несколько десятилетий подряд ведутся разработки, связанные со способами реализации отказоустойчивых модулярных архитектур на базе ПЛИС. Под модулярными архитектурами чаще всего понимают большой класс низкоуровневых аппаратных архитектур, реализующих арифметико-логические непозиционные вычисления с использованием принципов модулярной арифметики (или систем остаточных классов). Ключевой идеей, заслуживающей внимания в рамках способов аппаратно-программного построения РегЭС, является тот факт, что высокая надежность вычислительных операций, производимых модулярными архитектурами, может быть достигнута при значительно меньших аппаратных затратах, требуемых архитектурами традиционных позиционных систем счисления. Автором разработан вариант базовой модулярной архитектуры, которую предлагается использовать в бортовых РегЭС космических аппаратов и авионики, строящихся на платформах ПЛИС с динамической реконфигурацией.

1. И.А. Каляев, И.И. Левин, Е.А. Семерников, В.И. Шмойлов *Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры* (Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН: 2009).
2. Л.В. Савкин, *Вестник кибернетики* №2 (18), 3 (2015).

Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe.

І. Фазовий склад

Одноворець К.С., *студент*; Положий Г.Є., *магістрант*;
Пилипенко О.В., *інженер*
Сумський державний університет, м. Суми

Не дивлячись на те, що плівкові матеріали на основі Au і Fe давно знаходяться в полі зору дослідників, правильна інтерпретація їх фазового складу була здійснена лише в останні роки у роботах [1-5]. Причина цього дуже проста по своїй суті, і, в той же час, типова у галузі матеріалознавства плівкових матеріалів на основі Fe або Co і Cu, Ag, Pt або Au. Оскільки взаємна розчинність атомів благородних металів в ОЦК решітці Fe або в ГЦП решітці Co у масивних зразках дуже обмежена (порядка 1 ат. %), то апріорі вважалося, що і в плівкових зразках вона обмежена, хоча може складати величину до 10 ат. %. Однак, експериментальні дослідження [1-5] дозволили зробити висновок протилежного характеру, а саме: у вказаних плівках стабілізуються неупорядковані тверді розчини (т.р.) із ГЦК решіткою (фаза $L1_1 - Fe_3Au$; $L1_2 - Fe_3Au_3$) або упорядкований т.р. із ГЦТ решіткою (фаза $L1_0$), якщо концентрація $c_{Fe} < 65$ ат. %. При $c_{Fe} > 65$ ат. % т.р. формується на основі ОЦК-Fe [1 - 4], хоча, згідно [5], він може формуватись також і на основі високотемпературної фази ГЦК-Fe.

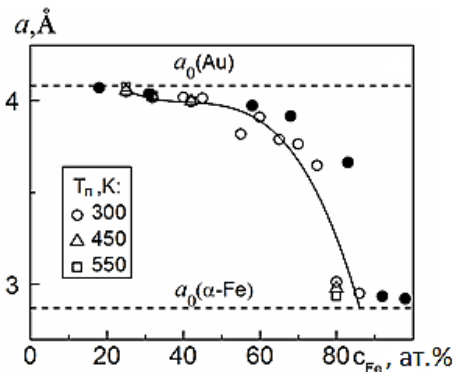


Рисунок 1 – Залежність параметра решітки т.р.(Au) і т.р. (ОЦК-Fe) від концентрації атомів Fe при різних температурах підкладки (світлі точки). • – дані роботи [1].

У даній роботі представлені результати досліджень фазоутворення в одношарових плівках, які були отримані шляхом одночасної конденсації атомів Au і Fe, на відміну від робіт [1-5], в яких конденсація здійснювалась магнетронним методом. Отримані результати частково представлені у роботі [6]. Рис. 1 ілюструє фазовий перехід ГЦК т.р. (Au) \rightarrow ОЦК т.р. (Fe) при збільшенні концентрації c_{Fe} .

У другій частині нашого повідомлення буде встановлена кореляція між вказаним структурним переходом і тензорезистивними властивостями.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики МОН України № 0115U000689 (2015 – 2017 рр.).

1. Y.H. Hyun, Y.P. Lee, *J. Korean Phys. Soc.* **43**, No 4, 625 (2003).
2. E. Bosco, P. Pizzi, M. Baricco, *Mater. Sci. Eng.* **375**, 468 (2004).
3. P. Mukherjee, L. Zhou, M.J. Kramer, J.E. Shield, *Appl. Phys. Lett.* **102**, 243103 (2013).
4. P. Mukherjee, Y. Zhang, M.J. Kramer, L.H. Lewis, J.E. Shield, *Appl. Phys. Lett.* **100**, 211911 (2012).
5. P. Mukherjee, P. Manchanda, P. Kumar, L. Zhou, M.J. Kramer, A. Kashyap, R. Skomski, D. Sellmyer, J.E. Shield, *ACS Nano.* **8**, 8113 (2014).
6. O. Pylypenko, L.V. Odnodvoretz, M. Shumakova, I.Yu. Protsenko, *J. Mater. Sci.* (in press) (2016).

Керівник: Проценко І.Ю., професор

Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe. II. Тензорезистивні властивості

Шумакова М.О., *магістрант*; Положий Г.Є., *магістрант*;
Пилипенко О.В., *інженер*
Сумський державний університет, м. Суми

Представлені результати дослідження тензорезистивних властивостей одношарових плівок у вигляді твердих розчинів (т.р.) атомів Fe у ГЦК решітці Au. Методика проведення тензометричних досліджень, яку ми використовували у своїх експериментах, детально описана у роботі [1]. У процесі фазового переходу ГЦК т.р.(Au) → ОЦК т.р. (Fe) відбувається диспергування кристалічної структури перенасиченого атомами Fe т.р. (Au), яка стає квазіаморфною (рис. 1). Цей ефект обумовлює різке збільшення зерномежового розсіювання електронів і, як наслідок цього, збільшення величини інтегрального коефіцієнту тензочутливості (γ)_{int}.

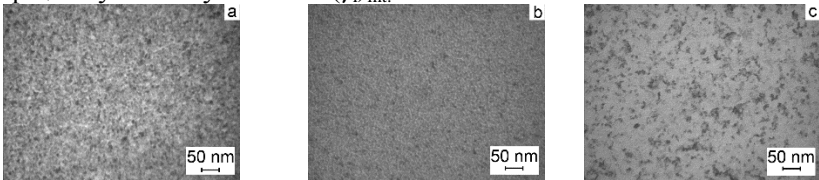


Рисунок 1 – Мікроструктура плівок різного фазового складу:
а – ГЦК т.р.(Au); б – перехідна область і в – ОЦК т.р.(Fe)

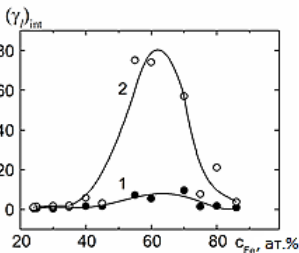


Рис. 2 ілюструє вказану концентраційну аномалію величини коефіцієнта поздовжньої тензочутливості, яка спостерігається при пластичній деформації зразків. Таке значне збільшення величини (γ)_{int} можна пояснити значним зерномежовим розсіюванням електронів при диспергуванні кристалічної структури.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

1. К.В. Тищенко, І.Ю. Проценко, *Металлофиз. новейшие технол.* **34**
No 7, 907 (2012).

Кристалічна структура і фізичні властивості одношарових плівок на основі атомів Au і Fe. III. Магніторезистивні властивості

Шумакова М.О., магістрант; Пилипенко О.В., інженер
Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом спостерігається значний інтерес до вивчення властивостей багатокомпонентних магнітних матеріалів з точки зору практичного застосування в електроніці як чутливих елементів сенсорів і магнітоелектронних пристроїв. У роботі проведені дослідження магніторезистивних властивостей плівок на основі Fe та Au (при $c_{Fe} = 20-80$ ат. %) як свіжосконденсованих, так після відпалювання в температурних інтервалах від 300 до 450, 550 і 750 К. Плівки були сформовані методом одночасної конденсації Fe і Au.

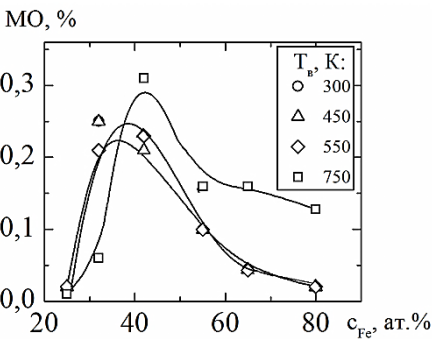


Рисунок 1 – Концентраційна залежність величини МО для плівкових систем на основі Fe і Au у поздовжній геометрії

Вимірювання проводилися при $T = 300$ К в трьох геометріях: поздовжній – магнітне поле паралельне струму і зразку ($B // I$, П), поперечній ($B \perp I$) та

перпендикулярній ($B \perp I$, П), де B – індукція магнітного поля, I – електричний струм і П – підкладка. Величина індукції магнітного поля становила величину 450 мТл.

Отримано, що максимум на концентраційній залежності МО (рис. 1) спостерігається у плівкових матеріалах з концентрацією атомів $c_{Fe} = 35-40$ ат. %, причому максимальна амплітуда МО = 0,30 % має місце у плівках після термообробки до 750 К.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики МОН України № 0115U000689 (2015-2017 рр.).

Керівник: Однодворець Л.В., доцент

Магнітооптичні властивості плівкових матеріалів на основі Fe і Pd (Pt)

Остапенко О.С., *магістрант*; Ткач О.П., *старший викладач*
Сумський державний університет, м. Суми

Зосередження уваги на вивченні магнітооптичного ефекту Керра (МОКЕ) в багатошарових плівках на основі магнітних і благородних металів пов'язане із можливістю їх застосування в приладах магнітоелектроніки і комп'ютерної техніки як магнітних носіїв інформації з надвисокою щільністю запису [1-3]. Сходинокоподібна залежність МОКЕ свідчить про швидкодію функціонального елементу, яка може забезпечити його ефективну роботу в режимі переключень. Для гранульованих сплавів характерний широкий діапазон полів перемагнічування гранул і тому залежність для МОКЕ має розмитий характер.

Дослідження МОКЕ в плівкових матеріалах із можливим спінозалежним розсіюванням електронів дозволяють робити висновки про закономірності стабілізації в них різних магнітних станів. Прямокутна форма петлі МОКЕ свідчить про утворення стабільних доменів з результируючим вектором намагнічування, який направлений перпендикулярно до поверхні плівок. Такий стан реалізується в одношарових феромагнітних плівках і багатошарових плівкових системах на їх основі за умови збереження індивідуальності окремих шарів.

Установка для вимірювання МОКЕ, на якій були проведені дослідження, представляє собою систему лінз, через які проходить монохроматичний пучок лазерного (He-Ne) випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 670$ нм діаметром 2 мм. Максимальна величина магнітного поля складає 150 мТл. Поляризоване випромінювання відбившись від поверхні зразка проходить через фокусуючу лінзу, після чого потрапляє в модулятор Фарадея, що підсилює сигнал, який передається на фотоприймач з високою чутливістю. Вихідний сигнал фіксується мультиметром Keithley 2000 та проходить обробку з використанням програмного забезпечення в автоматизованому режимі.

Порівняння характеру МОКЕ-залежностей для невідпалених і відпалених мультишарів на основі Fe і Pd(Pt), отриманих методом

пошарової конденсації з наступною термообробкою в інтервалі температур 300-800 К вказує на те, що у свіжосконденсованих зразках переключення (зміна напрямку магнітних моментів) відбувається у вузькому діапазоні магнітних полів $\Delta B \sim 0,15$ мТл, що можна пояснити формуванням у плівковому матеріалі твердого розчину (т.р.). Для відпалених зразків характерне помітне зростання (від 8,3 до 75,8 мТл) величини коерцитивної сили B_C і зменшення кута Керра θ (від $0,90^\circ$ до $0,71^\circ$).

Установлено, що в мультишарах $[\text{Pd}(1,1)/\text{Fe}(0,6)]_{10}/\text{П}$ ($c_{\text{Pd}} = 70$ ат. %, фазовий склад відповідає ГЦК- FePd_3), $[\text{Pd}(0,9)/\text{Fe}(0,6)]_{10}/\text{П}$ ($c_{\text{Pd}} = 65$ ат.%, ГЦК- FePd_3) і $[\text{Pd}(0,4)/\text{Fe}(0,6)]_{10}/\text{П}$ ($c_{\text{Pd}} = 45$ ат. %, ГЦТ- FePd) спостерігаються анізотропні властивості МО та суттєва зміну форми петель гістерезису залежно від концентрації атомів Pd. Системах на основі Fe і Pt мають аналогічні властивості. Максимальні значення B_C спостерігаються у мультишарах $[\text{Pd}(1,1)/\text{Fe}(0,6)]_{10}/\text{П}$ і $[\text{Pd}(0,9)/\text{Fe}(0,6)]_{10}/\text{П}$, що пов'язано із високою концентрацією в них атомів парамагнітного Pd і процесами формування немагнітної фази ГЦК- FePd_3 . Слід також відмітити, що у мультишарах спостерігається збільшення коерцитивної сили у порівнянні з двошаровими плівками при однакових значеннях ефективної товщини зразків, але при зростанні кількості фрагментів коерцитивна сила в плівкових матеріалах на основі Fe і Pd(Pt) зменшується в середньому від 3,8 до 2,5 мТл при збільшенні кількості фрагментів від 2 до 10.

1. F.J.A. den Broeder, H.C. Donkerslot, H.J.G. Draaisma, W.J.M. de Jonge, *J. Appl. Phys.* **61**, 4317 (1987).
2. L. Wu, N. Honda, K. Ouchi, *IEEE T. Magn.* **35**, 2775 (1999).
3. J. Kawaji, T. Asahi, T. Onoue, J. Sayama, J. Pokkyo, T. Osaka, K. Ouchi, *J. Magn. Mater.* **251**, 220 (2002).

Керівник – Однорець Л.В., *доцент*

Разработка светодиода на сапфировой подложке

Романова И.И., преподаватель

ГВУЗ «Киевский электромеханический колледж», г. Киев

Важной задачей микроэлектроники является обеспечение долговечности и стабильности работы светодиодов в условиях влияния радиационного излучения. Синие светодиоды как альтернативные высокоэффективные и экологически чистые источники излучения, работают на основе GaN. В качестве подложки таких светодиодов использован оптический лейкосапфир – Al_2O_3 (рис. 1).

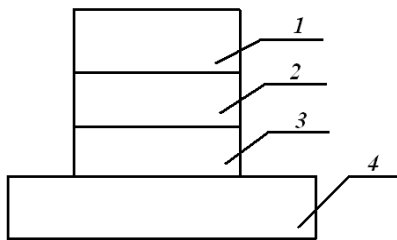


Рисунок 1 – Структура светодиода: 1 – слой GaN; 2 – подложка Al_2O_3 ; 3 – слой токопроводящего клея; 4 – сапфировая подложка.

Прототип разработанного светодиода имеет суммарное тепловое сопротивление на подложке $50,3\text{ }^{\circ}C/Вт$ при номинальном токе 40 мА, напряжении – 4,0 В и рассеиваемой мощности – 0,16 Вт.

Во время облучения свойства полупроводниковых материалов испытывают некоторые изменения из-за возникновения радиационных дефектов, изменяющих концентрацию, подвижность и время жизни носителей тока, что приводит к уменьшению сроков службы светодиодов. Прототип разрабатываемого светодиода был подвержен нейтронному облучению с помощью электронной пушки ГУ-2000, в результате чего показано значительно меньшее падение свечения светодиодов по сравнению с аналогами (например, на Si подложке) за счет того, что оптически активная область размещается в переменнно-легированной n -области полупроводника.

Чутливий елемент сенсора магнітного поля на основі анізотропного плівкового магніторезистора

Богопольський В.М., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Базуючись на ефекті анізотропного магнітоопору (АМО) створюються різноманітні мініатюрні сенсори магнітного поля з низьким енергоспоживанням. Визначивши зміну сигналу на магніторезисторі, можна судити про переміщення, швидкість, або прискорення. Крім того АМР-сенсори характеризуються великими значеннями чутливості плівкової системи, забезпечують високий рівень первинного сигналу, мають широкий діапазон робочих температур, надійність та точність передачі сигналу.

У даній роботі була поставлена задача виготовлення чутливого елемента сенсора магнітного поля, в якому б був мінімізований вплив процесів дифузії та фазоутворення на робочі характеристики. У найпростішому випадку як магніторезистор можуть бути використані плівки пермалою (матеріали, на основі Ni та Fe з концентрацією $c_{Ni} \geq 50$ ат.%). Детальний аналіз стосовно структурно-фазового стану, магніторезистивних і магнітних властивостей плівок пермалою, отриманих різними методами залежно від умов одержання, товщини зразків, концентрації атомів Ni та процесу термообробки був проведений у роботі [1]. На основі даного аналізу як анізотропний магніторезистор був вибраний сплав $Ni_{80}Fe_{20}$, який характеризується стабільним структурно-фазовим станом у діапазоні температур 300-900 К. Для всіх зразків товщиною до 50 нм спостерігається ефект АМО, величина якого становить 3-4% при кімнатній температурі. Формування чутливого елемента відбувалося в три етапи: нанесення струмопровідної доріжки на основі Ag і Cu; осадження магніторезистора та нанесення захисного покриття. Сформований чутливий елемент має стабільні характеристики у діапазоні температур 300-900 К і може бути застосований для детектування слабких магнітних полів.

Керівник: Пазуха І.М., старший викладач

1. Іа.М. Lytvynenko, І.М. Pazukha, О.В. Pylypenko, V.V. Bibyk,
Metallofiz. Noveishie Tekhnol. **37** № 8, 1001 (2015).

Тензорезистивні властивості плівок пермалою

Овруцький А.С., студент; Пилипенко О.В., інженер;
Пазуха І.М., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

Пермалой – це магнітом’який феромагнітний матеріал на основі Ni та Fe при концентрації $Fe(c_{Fe})$ до 50 ат. %. У роботі [1] були представлені детальні дослідження тензорезистивних властивості плівок пермалою для діапазону концентрацій $c_{Fe} = 25-50$ ат. % в широкому інтервалі товщина та трьох деформаційних інтервалах. Однак, з точки зору практичного застосування у сенсорній техніці або при виготовленні магнітозаписуючих пристроїв, перспективним є використання плівок сплаву $Ni_{80}Fe_{20}$. Також слід зазначити, що однією з вимог, яка висувається до сучасних сенсорів неелектричних величин є багатофункціональність. У зв’язку з цим мета даної роботи полягала у дослідженні тензорезистивних властивостей плівок пермалою $Ni_{80}Fe_{20}$, отриманих методом термічного випарування пермалою 79НМ, у деформаційному інтервалі $\Delta\varepsilon_l = 0-2$ % для подальшого формування чутливого елемента багатофункціонального сенсора.

До характерних особливостей деформаційних залежностей (рис. 1) слід віднести: їх гістерезисний характер; наявність при $\varepsilon_l = 0,2$ % зміни кута нахилу яка свідчить про перехід від пружної до пластичної деформації (на залежності для миттєвого коефіцієнта тензочутливості (γ_m) проявляється у вигляді максимуму), і, як наслідок, про зміну умов розсіювання носіїв заряду.

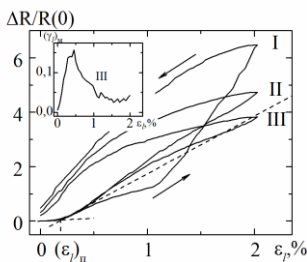


Рисунок 1 – Залежність $\Delta R/R$ від ε_l та γ_m від ε_l (на вставці) для деформаційного інтервалу $\Delta\varepsilon_l = 0-2$ % для плівки $Ni_{80}Fe_{20}(19)/П$.

Керівник: Проценко І.Ю.,
професор

1. K.V. Tyschenko, I.Yu. Protsenko, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* **34** № 7, 907 (2012).

Плівкові тверді розчини на основі Ni і Cu як матеріал чутливих елементів низькоомних терморезисторів

Калініченко С.М., аспірант; Ткач О.П., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

Широке використання двокомпонентних плівкових матеріалів у мікроелектроніці, спінтроніці і сенсорній техніці постійно стимулює дослідження температурних і концентраційних ефектів у їх властивостях [1], оскільки в таких системах можуть стабілізуватися інтерметалідні фази, гранульовані та упорядковані тверді розчини (т.р.). Дослідження властивостей плівок на основі Ni і Cu є актуальними, оскільки такі матеріали виступають як замітники дорогих благородних металів при виготовленні чутливих елементів терморезисторів і низькоомних резисторів та струмопровідних доріжок.

Проведені дослідження терморезистивних властивостей тришарових плівок на основі Ni і Cu загальною товщиною 30-90 нм з товщиною окремих шарів від 5 до 20 нм. Отримано, що температурні залежності опору $R(T)$ мають лінійний характер в інтервалі температур 300-700 К, що говорить про можливість використання таких плівок як чутливих матеріалів низькоомних терморезисторів. У залежності від концентрації атомів магнітного металу значення температурний коефіцієнт опору (β) змінюється від $1,04 \cdot 10^{-3}$ до $1,80 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ при зміні концентрації атомів Ni від 15 до 80 %, що відповідає вимогам до промислових терморезисторів з низьким номінальним опором – до 20 Ом.

Мінімальне значення β , яке відповідає максимальній термічній стабільності плівки, спостерігається при концентрації $c_{Ni} = 40-60$ ат. %. Відносно мала величина β говорить про те, що у т.р., як і в однокомпонентних плівках, сильно проявляються різні механізми розсіювання електронів.

Керівник: Однорець Л.В., доцент

1. К.В. Tyschenko, I.Yu. Protsenko, *Metallofiz. Nov. Tekhnol.* **34** № 7, 907 (2012).

Модуль приема оптических сигналов с входным каскадом на полевом фототранзисторе

Тураев А.А., *преподаватель*; Жураев А.Р., *преподаватель*
Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

Проблемы оптической передачи решаются применением качественных излучающих светодиодов или полупроводниковых лазерных диодов, которые из года в год совершенствуются [1-3].

В оптических системах приема сигналов требуются усилители с минимальными искажениями и малыми шумами. Этим требованиям отвечают усилители на полевых транзисторах. Преимущество полевого транзистора состоит в том, что его высокое входное сопротивление обеспечивает низкие уровни собственных шумов. Кроме того путем подбора рабочего режима можно получить качественный прием слабых оптических сигналов.

В настоящей работе для приема оптических сигналов предлагается использовать приемный модуль с входным каскадом на полевом фототранзисторе.

Режим малого автоматического смещения и наличие обратной связи в предлагаемой электронной схеме позволили получить усиление малых переменных сигналов (4 мВ) практически без искажений.

Высокое входное сопротивление позволило исключить из схемы переходные конденсаторы большой ёмкости, при этом стало возможным использование источника питания с диапазоном напряжений от 4.5 В до 9 В. Модулированный оптический сигнал от полупроводникового лазера подавали через линзу в канал полевого транзистора.

Исследования входного каскада полевого фототранзистора осуществляли подачей звукового сигнала от генератора звуковых сигналов ГЗ-109 и фиксацией усиленного выходного сигнала осциллографом С1-70. В широком диапазоне входного сигнала от 4 до 10 мВ выходной сигнал линейно увеличивается и усиливается без искажений.

Выполнение функции усилителя напряжения полевым транзистором исключает потерю входного сигнала и упрощает согласование его выходных параметров с интегральной микросхемой.

Использование схемы с общим истоком позволяет получить усиление входного сигнала, как по току, так и по напряжению (аналог схемы с общим эмиттером для биполярного транзистора) [4, 5].

Применение полевого фототранзистора в качестве приемника оптических сигналов обусловлено тем, что используемые во многих фотоприемных устройствах лавинные фотодиоды работают в предельном режиме, что приводит к снижению их срока службы и преждевременному выходу из строя. Приемные модули оптических сигналов могут быть использованы при конструировании систем передачи и приема оптических сигналов, перспективных для создания устройств и приборов для систем связи, медицины, бытового и служебного назначения типа охранной сигнализации, оптического телефона и различных регистрирующих устройств. А также дистанционного управления работой различных технологических электроприборов.

1. *Атмосферные оптические линии связи и их свойства* № 4, 45 (2005).
2. *Модулятор*. http://www.an500.narod.ru/optolink/st_sxema.htm
3. В.Д. Бородай, *Радиоаматор* № 10, 36 (1998).
4. Wes Hayward, Jeff Damm, *The Hybrid Cascode - A General Purpose AGC IF Amplifier* 33 (2007).
5. А.Г. Милехин, *Радиотехнические схемы на полевых транзисторах* (Энергия: Москва: 1976).

СЕКЦІЯ 5

«Електронні системи, прилади і засоби кодування інформації»

Порівняння оптичних втрат у сонячних елементах на основі гетеропереходів $n\text{-ITO}(\text{ZnO})/n\text{-CdS}(n\text{-ZnS, ZnSe})/p\text{-CZTS}$

Доброжан О.А., *аспірант*; Данильченко П.С., *студент*;
Опанасюк А.С., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми

Одним із шляхів подолання енергетичної кризи є широкомасштабне використання фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) сонячної енергії. Сьогодні найпоширенішими є сонячні елементи (СЕ), що базуються на кремнієвих технологіях, однак останнім часом почали використовуватися тонкоплівкові ФЕП на основі гетеропереходів $n\text{-CdS}/p\text{-(CdTe, CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}(\text{S, Se})_2)$ із фронтальним струмознімальним шаром ІТО. Але, такі недоліки як токсичність Cd, висока вартість In, Ga, Te, пов'язана з низькою поширеністю їх у земній корі, дають поштовх до пошуку альтернативних матеріалів функціональних шарів та конструкцій ФЕП. У наш час як заміна традиційним поглинаючим шарам тонкоплівкових СЕ розглядається сполука $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS), яка має ширину забороненої зони ($E_g^{\text{CZTS}} = 1,5$ eV), що є оптимальною для поглинання сонячного випромінювання, та p -тип провідності. Вікном в такому ФЕП виступає CdS, а фронтальним контактом ІТО. Альтернативою відомим СЕ є конструкція $n\text{-ZnS}(\text{ZnSe})/p\text{-CZTS}$ зі струмознімальним шаром $\text{ZnO}:\text{Al}$. До складу цього ФЕП входять поширені в природі та нетоксичні елементи. Сполуки ZnO та ZnS , ZnSe є широкозонними ($E_g^{\text{ZnO}} = 3,37$ eV, $E_g^{\text{ZnS}} = 3,7$ eV, $E_g^{\text{ZnSe}} = 2,7$ eV), що дозволяє збільшити кількість фотонів, які надходять до поглинаючого шару приладу.

Метою даного дослідження було визначення оптичних втрат на границях і в об'ємі допоміжних шарів СЕ в залежності від їх товщини d в приладах, що мають конструкцію $n\text{-ITO}(\text{ZnO})/n\text{-CdS}(n\text{-ZnS, ZnSe})/p\text{-CZTS}$ / тильний контакт, та порівняння їх між собою.

В результаті моделювання визначено спектральну залежність коефіцієнт пропускання світла крізь шари скла, ІТО (ZnO), CdS (ZnS , ZnSe). Аналіз отриманих результатів свідчить, що в інтервалі довжини хвилі $\lambda = 450\text{-}900$ нм, при товщині віконних шарів $d = 50$ нм коефіцієнт пропускання ZnO/ZnS більший в середньому на 8-15 %, ніж для структури ІТО/CdS, а при $d = 300$ нм на 5-12 %.

Розробка фотоелектричної системи енергозабезпечення навчального корпусу Н університету СумДУ

Хуртасенко Д.С., студент; Гузенко О.І. студент;
Курбатов Д.І. ст. наук. співробітник; Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Проблема енергоефективності є однією з основних проблем України, оскільки енергозатратність її економіки суттєво перевищує західні стандарти. Відомо, що СумДУ приймає участь у проєкті з забезпечення енергоефективності закладів вищої освіти України «Вища освіта. Енергоефективність та сталий розвиток» від Європейського інвестиційного банку в рамках якої розроблено комплексний проєкт «Енергоефективний університет».

З метою зменшення енергоспоживання навчального закладу було проведено розрахунок фотоелектричної системи енергозабезпечення одного з навчальних корпусів СумДУ. Нами було обрано навчальний корпус «Н». Цей вибір обґрунтований тим, що він має сучасну систему теплоізоляції, вдале розташування відносно сторін світу та підходящу конструкцію даху, яка дозволяє встановлювати сонячні батареї без використання додаткових монтажних конструкцій. Як базова для енергозабезпечення корпусу була вибрана фотоелектрична система зв'язана з зовнішніми електричними мережами (on-grid). Її перевагою є невелика вартість, простота, надійність, можливість використання «зеленого тарифу» при підвищеній генерації енергії.

В результаті досліджень було розраховано можливу кількість виробленої сонячної енергії в районі діяльності системи, проведено розрахунок кількості та зроблено вибір марки сонячних панелей, їх оптимальний кут монтажу, тощо. Для візуалізації системи було побудовано 3D модель «Н» корпусу з системою сонячних перетворювачів за допомогою програми SketchUP. Аналіз отриманих результатів свідчить, що розроблена фотоелектрична система дозволяє повністю автономізувати корпус, зробивши його енергетично незалежним від зовнішнього енергопостачання і навіть постачати надлишки енергії у зовнішню мережу.

Запропонована методика розрахунку є достатньо загальною і може бути використана для розрахунку систем енергозабезпечення інших корпусів університету та споруд міста Суми.

Дослідження криптостійкості шифрування даних з використанням стандарту «IDEA»

Демчик С.Л., студент
ЖВІ ім.С.П.Корольова, м. Житомир

Алгоритм IDEA є симетричним блоковим шифром. Алгоритм IDEA складається з восьми раундів, за якими йде кінцеве перетворення. Алгоритм поділяє блок даних на чотири 16-бітові підблоки. Кожний раунд отримує на вході чотири 16-бітові підблоки та створює чотири 16-бітові вихідні підблоки, тобто всього в алгоритмі використовується 52 раундових ключа.

Алгоритм розгортання ключа визначає порядок отримання раундових ключів із початкового ключа шифрування K . Він містить два компоненти: розширення ключа шифрування K ; вибір раундових ключів. Проведено дослідження криптостійкості алгоритму на прикладі.

Нехай ключ шифрування даних K дорівнює:
 $K = 00010002000300040005000600070008_{16}$; $M = 0000\ 0001\ 0002\ 0003_{16}$
 K – ключ шифрування даних, M – вхідне повідомлення

Визначимо ключі розширеного ключа K_p шляхом розбиття ключа шифрування даних K на вісім частин і циклічного зсуву бітів ключа шифрування даних K . Якщо розбиття на блоки по 64 біт неможливо, останній блок доповнюється різними способами певною послідовністю біт. Для уникнення витоку інформації про кожному окремому блоці використовуються різні режими шифрування.

Вичерпна комп'ютерна перевірка показує, що кожний біт виходу цієї структури залежить від кожного біта входів незашифрованого блоку даних і від кожного біта раундових ключів. Ця структура повторюється в алгоритмі вісім разів, забезпечуючи високоефективну дифузю.

Алгоритм IDEA має 128-бітовий ключ, що забезпечує його криптостійкість. Внутрішня структура алгоритму IDEA забезпечує стійкість до криптоаналізу. Проте, істотним недоліком цього алгоритму є те, що він не передбачає збільшення довжини ключа, а також не всі роботи з криптоаналізу були опубліковані, тобто цілком можливо, що шифр буде зламаний в майбутньому.

Автоматическая система обнаружения и защиты от неполнофазных режимов в узлах с комплексной нагрузкой

Фархадова А.Ш., *студент*

Сумгаитский государственный университет, г.Сумгаит, Азербайджан

В узлах системы промышленного электроснабжения с преобладающей нагрузкой от асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДК) часто возникают режимы, когда система трехфазных напряжений приложенных к обмотке статора несимметрична. Эти режимы возникают при неравномерном распределении значительных однофазных нагрузок между фазами электрической сети или в аварийных условиях. Цель данной работы – повышение надежности и чувствительности защиты от несимметричных режимов в узлах с комплексной нагрузкой.

Аналоговые фильтры токов обратной последовательности достаточно просты и надежны. Тем не менее защита реагирующая только на величину тока обратной последовательности, также не эффективна из-за малой информативности тока обратной последовательности. Большой чувствительностью обладает защита от неполнофазных режимов, реагирующая на соотношение между токами прямой и обратной последовательностей в цепи питания нагрузки. В неполнофазном режиме это соотношение $I_2/I_1 = 1$, в то время как в нормальных режимах узла это соотношение существенно меньше единицы. Поэтому пусковой орган защиты от неполнофазных режимов, реагирующий на соотношение токов прямой и обратной последовательностей, более предпочтителен.

Разработанная интеллектуальная система обнаружения и защиты не реагирует на кратковременные изменения несимметрии напряжений и токов обусловленные короткими замыканиями, резкими скачками нагрузки, запусками мощных двигателей и т.д., производит меньшее количество переключений, по сравнению с классическими. Нечеткий контроллер настроен так, чтобы количество переключений было мало. Это приводит к повышению надежности функционирования автоматической системы обнаружения и защиты от несимметричных режимов в узлах с комплексной нагрузкой.

Руководитель: Фархадов З.И., *доцент*

Застосування перетворювачів квазірівноважних кодів

Захарченко В.Ю., студент; Скордіна О.М., інженер
Сумський державний університет, м. Суми

У результаті проведених досліджень був запропонований підхід до генерування квазірівноважних комбінацій (кодів) на множині біноміальних комбінацій, які лежать в основі структури рівноважних з параметрами n та k , та квазірівноважних комбінацій з параметрами $(n - 1)$, k та $k - 1$, де $(n - 1)$ – кількість розрядів, k та $k - 1$ кількість двійкових одиниць. Беручи до уваги те, що в структурі множини квазірівноважних кодів виявлені біноміальні числа, досить ефективно можна вирішувати задачі обчислювальної обробки даних у інформаційно-керуючих системах, якщо інформація представляється у квазірівноважних кодах.

Запропоновані методи і моделі генерування та перерахунку квазірівноважних комбінацій, які, відповідно, відображають процеси отримання кодових слів та їх номерів. Згідно з цими моделями використовуються біноміальні числа, що дозволяє проводити нумерацію квазірівноважних комбінацій, як у лексикографічному так і у довільному порядку, а це відіграє значну роль у розширенні областей застосуванні даного класу кодів на практиці.

В роботі запропонована схема генератора квазірівноважних комбінацій на комбінаційній логіці, яка породжує квазірівноважну комбінацію на кожному такті, за необхідності, як у лексикографічному так і у довільному порядку. Така схема генератора може бути реалізована з використанням реконфігурованого комп'ютера або ПЛІС.

Актуальність роботи полягає у тому, що завдяки своїм властивостям і спорідненістю структури квазірівноважних комбінацій з рівноважними кодами, квазірівноважні комбінації можуть бути ефективно застосовані для побудови перетворювачів кодів та схем генерування індексів, які використовуються в таблицях з IP-адресами в Інтернет, фільтрах пакетів, контролерах доступу до терміналів локальних мереж, базах даних, електронних словниках, списках паролів, схемах виявлення вірусів, мап помилок у пам'яті і т.п.

Оценка количества уровней декомпозиции при wavelet кодировании изображений

Гайчук Б.С., студент; Иванов Д.В., студент

Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова, г. Одесса

Для сравнения алгоритмов сжатия изображений были выбраны следующие wavelet функции: Хаара для уровней декомпозиции от 2-ух до 8-ми и Добеши с порядками фильтров от 2-ух до 20-ти и теми же уровнями декомпозиции. В качестве тестовых изображений были выбраны цветное изображение пейзаж и полутоновое изображение портрет. Wavelet-преобразование осуществлялось в пакете Wavelet tool box. Оценивались процент нулевых значений коэффициентов после прямого преобразования, общее количество ненулевых коэффициентов для всех уровней, превышающих глобальный порог процентное соотношение энергии оставленных коэффициентов.

Исходя из полученных данных при разбиении wavelet-Хаара больше 4 уровней декомпозиции, коэффициенты сжатия мало меняются, что вытекает из сравнения количества нулевых значений и количества оставляемых значений, которые выше пороговых. Так для изображения пейзаж при четырех уровнях декомпозиции процентное содержание нулевых значений коэффициентов составляет 97.32 %, а при 8 уровнях декомпозиции нулевых коэффициентов 97.37 %, что говорит о нецелесообразности дальнейшей декомпозиции.

При разбиении на 2 полосы алгоритм не позволяет добиться большого коэффициента сжатия и количество оставляемых коэффициентов больше по сравнению с 4 уровнемым и другими.

Wavelet-преобразование Добеши исследовали начиная со второго уровня декомпозиции. Увеличивая количество уровней декомпозиции не добиваемся улучшения качества восстановленного изображения, хотя количество оставляемых коэффициентов и соответственно нулей, соизмеримо с Хаара. Даже при 10-ом порядке фильтра, выполняющего преобразование Добеши, не удастся качественно восстановить изображения, при одинаковом уровне декомпозиции, по сравнению с преобразованием Хаара. Вычислены статистические распределения коэффициентов преобразования.

Руководитель: Ошаровская Е.В., доцент

Система вимірювання часу з підвищеною завадостійкістю та з захистом інформації

Борисенко О.А., *професор*; Мальченков С.М., *аспірант*;
Кононов О.К., *студент*; Гермес М.О., *студент*;
Мірошніченко С.А., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Системи та пристрої вимірювання часу (таймери) широко поширені в техніці і на виробництві. Практично немає жодного електронного приладу або виробничого процесу, де б не застосовувалися таймери або системи вимірювання часу. Тому підвищення надійності роботи систем вимірювання часу і, зокрема, завадостійкості є актуальним завданням. Існують різні методи його вирішення і один з них є використання завадостійких систем числення таких, наприклад, як біноміальні чи фібоначієві системи. Вони дозволяють будувати відповідні лічильні пристрої, які виступають ядром будь-яких систем вимірювання часу, роблячи їх більш надійними і швидкодіючими.

Але і при використанні двійково-десяткових систем числення є можливість підвищувати надійність вимірювання часу за рахунок використання надлишкових станів в двійково-десяткових лічильниках. Крім того, для них актуальною залишається задача захисту інформації від несанкціонованого доступу, отриманої в процесі вимірювання часу. Відповідна структурна схема системи виміру часу наведена на рисунку 1. Вона складається з генератора тактових імпульсів (ГТІ), дільника частоти (ДЧ), таймера, шифратора, пристрою відображення інформації (ПВІ), схеми виявлення помилок (СВП) та сигналу "Помилка".



Рисунок 1 – Структурна схема системи виміру часу

Автоматизований пристрій для нанесення плівок напівпровідникових сполук у безкисневій атмосфері

Рибальський Я.І., студент; Чалюк Р.Ю., аспірант;
Д'яченко О.В., аспірант; Опанасюк Н.М., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом для нанесення плівок полікристалічних матеріалів все більшу увагу привертають безвакуумні методи. Одним перспективних вважається метод спреї-піролізу, який дає змогу отримувати хімічно чисті плівки з керованим складом різної товщини при низьких температурах. Однак, за традиційною схемою розпилення прекурсору, що проводиться у повітрі й призводить до окислення матеріалів майбутньої плівки киснем.

Для удосконалення методу спреї-піролізу був розроблений автоматизований пристрій для нанесення плівок у безкисневій атмосфері. Для цього стандартна установка для спреї-піролізу була розміщена у спеціальній герметизованій камері. В конструкції камери передбачені отвори для під'єднання шлангів через які прокачується газ потрібного складу, звичайно аргон або азот.

Камера також має електричні відводи для підключення електронних елементів установки до механізму дистанційного управління, який являє собою мікросхему USB-модуля до якої підключені три перемикачі на основі реле: перший призначений для управління плитою-нагрівачем, другий - для управління форсункою, через яку відбувається розпилення прекурсору. Прекурсор подається до форсунки під тиском, що створюється за допомогою компресора, підключеного через електромагнітний клапан, який керується третьою схемою-перемикачем. USB-модуль під'єднаний до ПК на якому встановлене спеціальне програмне забезпечення, за допомогою якого можна задавати та регулювати температуру плити, кількість циклів розпилення, їх частоту, а також тиск повітря, що подається компресором.

Отже, в роботі був розроблений та протестований автоматизований пристрій для нанесення плівок напівпровідникових сполук у безкисневій атмосфері, що дозволяє отримувати шари більш високої якості, порівняно зі звичайною установкою для спреї-піролізу.

Технології передачі даних по бездротових сенсорних мережах

Зінченко І.С., студент; Кулик І.А., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Минуло не більше десятиліття з тих пір, коли почалися інтенсивні наукові та технологічні дослідження можливостей використання сенсорних датчиків спільно з бездротовою мережею. Їх результатом стало створення нового виду телекомунікаційних мереж, бездротові сенсорні мережі (БСМ) – це нова перспективна технологія, на основі якої ведуться прикладні розробки і виконуються масштабні проекти для різних галузей промисловості і систем військового призначення.

Насичений розвиток мікроелектроніки дозволив вирішити завдання створення дешевих, мало споживаючих, багатофункціональних пристроїв, що мають малі габарити і здатних передавати телеметричну інформацію по радіоканалу на короткі відстані. Вони стали базовими елементами в структурі бездротових сенсорних мереж - нового класу бездротових систем, які являють собою розподілену, само організовану і стійку до відмови окремих елементів мережа мініатюрних електронних пристроїв (сенсорів) з автономними джерелами живлення. Вузли мережі здатні ретранслювати інформацію, використовуючи безліч малопотужних передавачів і забезпечуючи значну площу покриття бездротовою системою.

Основними функціональними та експлуатаційними перевагами БСМ слід виділити: можливість завантаження і самовідновлення мережі; значна масштабованість мереж з досить щільним розміщенням вузлів у просторі; значно вища надійність та відмовостійкість за рахунок комунікаційної надмірності та наявності значної кількості різноманітних маршрутів доставки даних; досить низька вартість та маса-габаритні показники вузлів; висока енергетична ефективність (термін експлуатації може досягати декількох років при автономному електроживленні); стійкість до змін топології мережі та характеристик середовища поширення радіохвиль; здатність вузлів спільно обробляти вхідні дані й приймати рішення на базі розподілених алгоритмів обробки; можливість швидкого і за необхідності прихованого розгортання мережі.

Порівняння маршрутизації і мережевого кодування в групових повідомленнях

Колесніков Р.С., *студент*

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Черкаси

У традиційних мережах зв'язку, інформація надходить у вигляді послідовності пакетів від джерела до місця призначення за рахунок маршрутизації, через проміжні вузли, які тільки зберігають і пересилають ці пакети. Останні дослідження показують, що самої маршрутизації замало для досягнення максимальної швидкості передачі інформації. Мережеве кодування в даний час є актуальним і досліджується в теорії інформації. Тому дане кодування дозволяє вузлам генерувати вихідні дані шляхом кодування отриманих даних. Потенційні переваги пропускної здатності в забезпеченні найоптимальнішого часу передачі даних.

В даному дослідженні було проаналізовано переваги та недоліки мережевого кодування.

Максимальна пропускна здатність вирішується за допомогою теорії алгоритмів «NP-повної задачі». Даний алгоритм модифікується для конкретного завдання. Переваги максимальної пропускної здатності для мережевого кодування, були застосовані в тестових мережах. Проте, в робочих навантажених мережах, досліди проводились тільки для дослідження кількох односторонніх сесій та одного групового сеансу. У більшості випадків не вдалося досягнути бажаної пропускної здатності за допомогою стандартного алгоритму «NP-повної задачі».

Вище вказаний алгоритм був адаптований для групових комунікацій. Було усунуто недолік традиційного методу. Обидва алгоритми були змодельовані з використанням MATLAB. Їх результати були порівняні. Крім того, показано, що подібне кодування не завжди має переваги пропускної здатності в робочих навантажених мережах.

Контролер репітера УКВ радіостанцій

Гриненко В.В., доцент; Дунь А.А., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Обмеження в дальності поширення УКВ радіохвиль пов'язані з впливом рельєфу місцевості, потужності передавача, висоти розташування приймальної і передавальної антен, електромагнітної обстановки і т. д. Для збільшення дальності дії УКВ радіозв'язку часто використовують ретрансляцію випромінюваних сигналів з рознесенням частот приймача та передавача.

Контролер ретранслятора (репітера) радіосигналу призначений для спільної роботи з радіостанціями УКВ діапазону. При розробці і експлуатації пристрою необхідно враховувати перешкоди, які зумовлені як взаємним впливом приймача та передавача, так і промислові (ефірні) перешкоди. Одним з джерел ефірних перешкод можуть бути телевізійні антени.

У керуючому модулі розробленого пристрою використовується мікроконтроллер, який підтримує можливість візуального контролю службових сигналів. У пристрої за допомогою виносної гарнітури або портативної радіостанції з використанням тонального набору по радіоканалу DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) для передачі службових команд, передбачено дистанційне керування, що дозволяє при необхідності змінювати алгоритм роботи, а також потужність передавача репітера. Установки параметрів і команд зберігаються в енергонезалежній пам'яті і не змінюються після виключення живлення.

Після підключення живлення видається сигнал репітера, яким пристрій повідомляє про справність і готовність до роботи на частотному каналі, який був встановлений раніше. У пристрої передбачена взаємодія з іншим видаленим репітером і реалізований захист від перешкод. Пристрій також взаємодіє з системою охорони для запобігання несанкціонованого проникнення в приміщення, де встановлений репітер.

1. В.С. Плаксенко, *Устройства приема и обработки сигналов* (Москва: Учебная литература: 2004)

Автоматична телефонна TDM-станція

Гриненко В.В., доцент; Смельяненко Д.О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Міні-АТС це автоматична телефонна станція (АТС), призначена для комутації абонентів усередині організації з розділенням телефонної мережі на "внутрішню" і "зовнішню". Залежно від методів передачі сигналу від телефонних операторів міні-АТС може обслуговувати як аналогові лінії, так і цифрові потоки даних, у тому числі і через комутовані мережі (IP- телефонія).

В спроектованій міні-АТС використовується часове розділення каналів TDM (Time-Division Multiplexing), її структурна схема наведена на рис.1 Аналоговий комутатор (АК1) послідовно опитує стан кожного абонента (АБ) починаючи з АБ1 по АБn та подає сигнал від абонента на вхід підсилювача (П). Другий аналоговий комутатор (АК2), з використанням схем вибірки-зберігання (СВЗ) виконує відновлення сигналу з підсилювача. Адресація комутованих каналів проводиться з мікроконтролера (МК). Компаратор (КП) призначений для оцінки стану опитуваного абонента.

Режим роботи (комутації) АК2 аналогічний АК1 до тих пір, поки АТС не здійснює жодного з'єднання. Коли міні-АТС обслуговує з'єднання абонента АБі та абонента АБm, послідовність адресації АК2 змінюється: у момент часу, коли АК1 опитує абонента АБі, АК2 підключає на вихід підсилювача вхід СВЗ абонента АБm, а коли АК1 опитує абонента АБm, АК2 підключає на вихід підсилювача вхід СВЗ абонента АБі. Таким чином, здійснюється з'єднання абонентів.

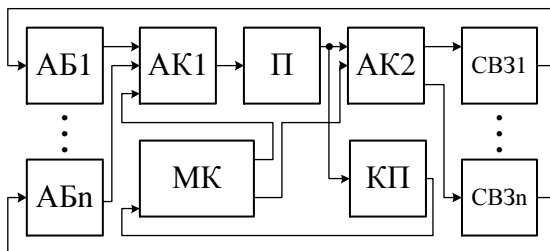


Рисунок 1 – Структурна схема міні-АТС

Дослідження роботи базових елементів пам'яті на основі ПЛІС

Рева К.О., студент; Степенко С.А., доцент
Чернігівський технологічний університет, м. Чернігів

Базові елементи пам'яті (тригери) входять до складу сучасних цифрових інформаційно-вимірювальних систем (ІВС). Такі ІВС дедалі частіше виконують на основі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), основні переваги яких описані в літературі [1]. Програмне середовище Quartus II [2] використовують для розробки цифрових ІВС на основі ПЛІС та їх апаратного тестування. Мета даної роботи – визначення динамічних параметрів тригерів Quartus II та їх порівняння з аналогами. Проведено апаратне тестування на ПЛІС FLEX10K10 та отримані часові діаграми роботи (рис. 1) для тригерів DFF та JKFFE, що відповідають мікросхемам 155TM2 та 155ТВ1.

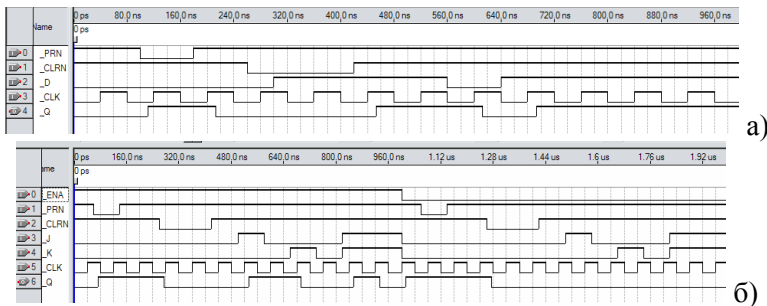


Рисунок 1 – Діаграми роботи: DFF-тригера (а) та JKFFE-тригера (б).

За результатами тестування визначено основні динамічні параметри: затримки розповсюдження. Для DFF $t_{зд.р(PRN \rightarrow Q)}^{0,1} = 12,0$ нс; $t_{зд.р(CLK \rightarrow Q)}^{1,0} = t_{зд.р(CLK \rightarrow Q)}^{0,1} = 13,1$ нс. Для JKFFE $t_{зд.р(PRN \rightarrow Q)}^{0,1} = 12,8$ нс; $t_{зд.р(CLRN \rightarrow Q)}^{1,0} = 14,0$ нс; $t_{зд.р(CLK \rightarrow Q)}^{0,1} = t_{зд.р(CLK \rightarrow Q)}^{1,0} = 13,9$ нс. Їх швидкодія вища, ніж аналогів 155TM2 та 155ТВ1 ($t_{зд.р}^{1,0} \leq 40$ нс, $t_{зд.р}^{0,1} \leq 25$ нс).

1. S. Stepenko, O. Husev, D. Vinnikov, S. Ivanets, *13th Biennial Baltic Electronics Conference*, 263 (2012).
2. С.А. Іванець, Ю.О. Зубань, В.В. Казимир, В.В. Литвинов, *Проектування комп'ютерних систем на основі мікросхем програмованої логіки* (Суми: СумДУ: 2013).

Дослідження роботи регістрів у пакеті Quartus II

Ребенок Ю.В., студент; Степенко С.А., доцент
Чернігівський технологічний університет, м. Чернігів

Дискретні та інтегровані регістри є складовими сучасних цифрових інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) та їх елементів (наприклад АЦП). Завдяки високій швидкодії та іншим перевагам [1] апаратною базою для реалізації цифрових ІВС частіше стають програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС), для роботи з якими використовують програмний пакет Quartus II [2].

Мета даної роботи – дослідження регістрів у пакеті Quartus II та їх порівняння з аналогами. Побудовані схеми тестування інтегрального послідовно-паралельного регістру 74164 (аналог К555ІР8) та паралельно-паралельного регістру на основі DFF тригерів (рис. 1). Апаратне тестування проведено на ПЛІС FLEX10K10.

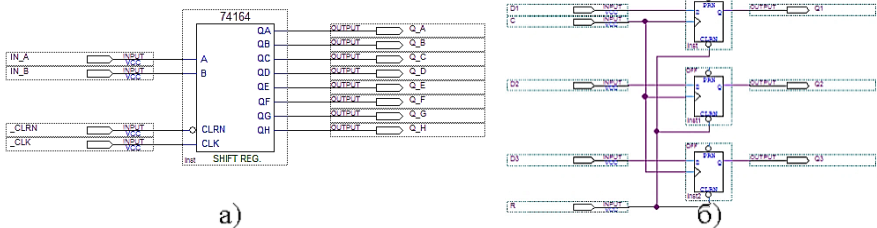


Рисунок 1 – Досліджувані регістри: 74164 (а), на DFF тригерах (б).

На основі часових діаграм роботи, отриманих у пакеті Quartus II, було розраховано динамічні параметри (затримки розповсюдження) та проведено їх порівняння з аналогом. Варто відзначити, що швидкодія регістру 74164 ($t_{зд,р} = 13...14$ нс), реалізованого на основі ПЛІС, у 2-3 рази перевищує швидкоддю аналога – інтегральної мікросхеми К555ІР8 ($t_{зд,р} = 27...36$ нс). Це підтверджує перспективність розробки та використання ПЛІС для побудови сучасних цифрових ІВС.

1. S. Stepenko, O. Husev, D. Vinnikov and S. Ivanets, *13th Biennial Baltic Electronics Conference*, 263 (2012).
2. С.А. Іванець, Ю.О. Зубань, В.В. Казимир, В.В. Литвинов, *Проектування комп'ютерних систем на основі мікросхем програмованої логіки* (Суми: СумДУ: 2013).

Методи реалізації цифрових лічильників у пакеті Quartus II

Бодяк Н.О., студент; Степенко С.А., доцент
Чернігівський технологічний університет, м. Чернігів

Основними елементами сучасних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) є цифрові лічильники. Завдяки ряду переваг [1], базою реалізації ІВС стають програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Для розробки ІВС на ПЛІС використовують пакет Quartus II [2]. Мета даної роботи – дослідження методів реалізації цифрових лічильників у Quartus II. Перший метод – синтез на основі доступних інтегральних лічильників. Так досліджено 4-розрядний асинхронний лічильник 7490 (аналог K555ІЕ2), що використовують як дільник частоти на 10, при з'єднанні виходу QA зі входом CLKB (Q0-C2 у аналога). Другий метод – синтез на основі тригерів, зокрема, досліджено лічильник з коефіцієнтом лічби 7 (рис. 1). Третій метод – використання функції `lpm_counter` із MegaWizard Plug-in Manager, налаштування параметрів та отримання діаграм роботи у вигляді файлу `lpm_counter_wave0.jpg`. Затримки розповсюдження для 7490 у 3-5 разів нижчі, ніж у аналога (50 нс) та різняться залежно від шляхів сигналу: $t_{зд.р(C1-Q0)}^{0,1} = 14$ нс; $t_{зд.р(C2-Q1)}^{0,1(1,0)} = 5,5$ нс; $t_{зд.р(R-Q1)}^{1,0} = 16,2$ нс; $t_{зд.р(C2-Q2)}^{0,1} = 4,8$ нс; $t_{зд.р(C2-Q3)}^{0,1(1,0)} = 5,5$ нс; $t_{зд.р(S-Q1)}^{0,1} = 16,5$ нс; $t_{зд.р(S-Q3)}^{0,1} = 16,4$ нс.

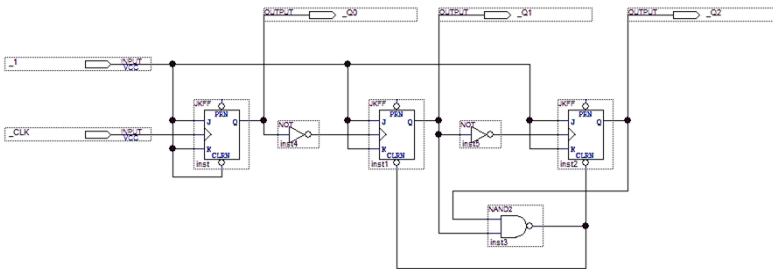


Рисунок 1 – Сумуючий лічильник з послідовним переносом.

1. S. Stepenko, O. Husev, D. Vinnikov and S. Ivanets, *13th Biennial Baltic Electronics Conference*, 263 (2012).
2. С.А. Іванець, Ю.О. Зубань, В.В. Казимир, В.В. Литвинов, *Проектування комп'ютерних систем на основі мікросхем програмованої логіки* (Суми: СумДУ: 2013).

Аналіз методів забезпечення надійності та високої швидкості передачі даних по енергомережах

Любко А.В., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

PLC новітня телекомунікаційна технологія, головним принципом якої використання побутових чи промислових електромереж для високошвидкісного обміну даними. У цій технології, що базується на частотному поділі сигналу, високошвидкісний потік даних розділяється на декілька низькошвидкісних, кожен з яких виконує передачу даних на окремій частоті з подальшим їх об'єднанням в один суцільний сигнал. Мережа може виконувати передачу голосу та даних накладаючи аналоговий сигнал поверх звичайного змінного струму частотою 50 Гц або 60 Гц.

Електричні сигнали передаються через лінії електропередачі високої напруги та середньої напруги, а використовується всередині будівель при більш низьких напругах. PowerLine зв'язок може бути застосований на будь-якій ділянці ланцюга. Більшість обладнання, вироблене на принципі PLC технології, обмежується однією ділянкою ланцюга (наприклад, проводка приміщення, проводка будівлі). Всі лінії електричної системи зв'язку працюють використовуючи модульований сигнал.

Швидкість передачі даних по лінії зв'язку PLC широко варіюються в залежності від частоти. Низькі частоти (близько 100-200 кГц) використовуються на високовольних лініях електропередачі, на цій частоті можлива організація одного або двох аналогових голосових каналів, або телеметрії та контролю ланцюгів з еквівалентною швидкістю передачі даних в кілька сотень біт в секунду, довжина таких ланцюгів може досягати багатьох кілометрів. Високі швидкості передачі даних передбачають більш короткі ділянки, наприклад, в одній будівлі електрична мережа дозволяє організувати швидкість до мільйона біт в секунду, але це можливо тільки на одному поверсі офісної будівлі і вимагає використання спеціального кабелю для електричної мережі.

Керівник: Кулик І.А., *доцент*

Автоматизований комплекс для нанометричних досліджень

Бондаренко М.О., доцент; Бондаренко Ю.Ю., доцент
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

Задля підвищення швидкодії і точності проведення досліджень за допомогою атомно-силового мікроскопу (АСМ), авторами запропоновано провести автоматизацію дослідницького обладнання, задля усунення зовнішнього впливу на процес діагностування з боку оператора. Для цього запропонований і технічно реалізований автоматизований комплекс для нанометричних досліджень (рис. 1).

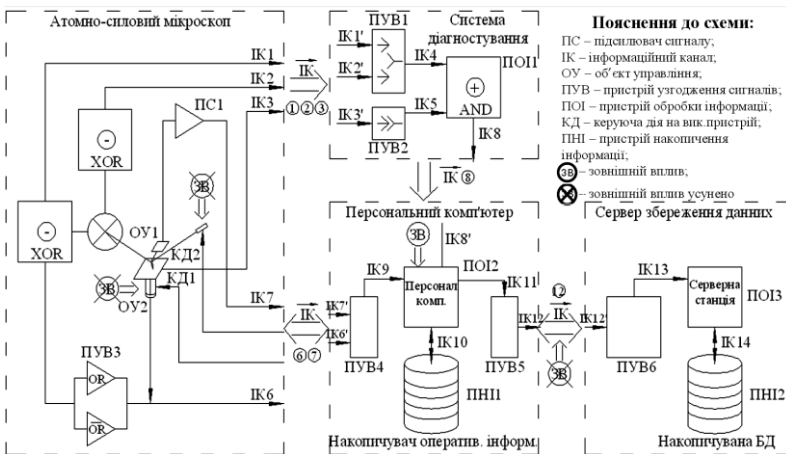


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматизованого комплексу.

Застосування автоматизованого комплексу дозволяє знизити час зворотного зв'язку на 28-32 %, що забезпечує своєчасне коректування алгоритму та режимів роботи АСМ. Цим підвищується точність сканування на 8,5-13 %, швидкість проведення дослідження на 35-40 % та забезпечується висока надійність роботи приладу. Для оперативного збереження та накопчення отриманих результатів з їх подальшим вивченням та аналізом комплекс підключено до зовнішнього сервера збереження даних, оперативний доступ до яких з будь-якого ПК можливий застосуванням, скажімо «хмарних» технологій обміну даними.

Синтез сполучень з повтореннями на основі багатозначних біноміальних систем числення

Борисенко О.А., *професор*; Протасова Т.А., *старший викладач*;
Посна Е.М., *студентка*
Сумський державний університет, м. Суми

При вирішенні задач цілочисельної оптимізації, завадостійкого кодування, стиску, захисту та відображення інформації використовують методи, в яких застосовуються комбінаторні конфігурації – сполучення, композиції, перестановки. Існуючі алгоритми формування таких комбінацій досить складні і не є універсальними. Також вони досить складно реалізуються у вигляді цифрових пристроїв. Тому в роботі запропоновано універсальний метод формування комбінаторних конфігурацій на основі багатозначних біноміальних систем числення. При такому підході спочатку формується багатозначне біноміальне число, а потім здійснюється перехід до відповідної комбінаторної конфігурації.

Сполученням з повтореннями називають комбінаторні конфігурації, що складені з r різних елементів по n , що утворюють одну групу, і тому деякі з них можуть повторюватись [1].

В роботі [2] надається доведення твердження, за яким будується алгоритм формування сполучення з повтореннями.

При формуванні сполучень з повтореннями виконуються наступні кроки:

- 1) перша цифра сполучення з повтореннями дорівнює старшій цифрі біноміального числа;
- 2) кожна наступна цифра сполучення з повтореннями визначається як сума значень відповідного розряду сполучення з повтореннями та попереднього розряду багатозначного біноміального числа.

1. И.И. Ежов, А.В. Скороход, М.И. Ядренок, *Элементы комбинаторики* (Москва: Высш. шк.: 1977)
2. Т.А. Протасова, Е.Л. Онанченко, О.А. Калигаева, В.В. Калашников В.В., *Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки»*, № 2, 103 (1997).

Системи нормалізації зображень

Лопатченко Б.К., *доцент*; Самілик Д.В., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Завдання побудови автоматичних пристроїв розпізнавання зорових картин залишається актуальним впродовж багатьох років. Успішний розвиток цифрової електроніки дозволив застосовувати для цього досить складні алгоритми. У представленій доповіді аналізуються сфери застосування алгоритмів розпізнавання з використанням методів нормалізації зображень. Ці методи досить прості, але при цьому значно полегшують завдання розпізнавання.

У доповіді приводяться алгоритми нормалізації для групи центроафінних і перетворень яскравості зображень. Розглянуті питання реалізації оператора перетворення за допомогою аналогової і цифрової техніки. Проаналізований вплив фону, на якому пред'являються розпізнавані зображення [1].

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні автоматичних і автоматизованих систем управління виробничими процесами, в яких необхідно розпізнавати зорові об'єкти (деталі заготовки і так далі).

У випускній роботі магістра була запропонована та спроектована автоматична система керування виробничим процесом, в якій однією з вирішуваних задач була розпізнавання зорових об'єктів (деталей), також були проаналізовані алгоритми розпізнавання з використанням методів нормалізації зображень за сферою їх застосування і складністю апаратної побудови. На основі проведеного огляду обраний метод центроафінних перетворень яскравості зображень, що дозволяє значно спростити схемотехнічну реалізацію спроектованої автоматичної системи керування і полегшує завдання розпізнавання, які ставляться в роботі [2].

1. Е.П. Путятин, С.И. Аверин, *Обработка изображений в робототехнике* (Москва: Машиностроение: 1990).
2. Е.П. Путятин, Б.К. Лопатченко, В.Б. Левиков, О.М. Абрамов, *Проблемы бионики* № 11, 55 (1973).

Електронна система контролю технологічного процесу

Лопатченко Б.К., доцент; Толстопятих А.І., студент;
Сумський державний університет, м. Суми

Більшість технологічних процесів в сучасній промисловості керуються за допомогою автоматичних або автоматизованих систем. У даній доповіді розглядаються окремі аспекти таких систем з точки зору їх реалізації у вигляді електронних пристроїв.

Як приклад вибраний технологічний процес переробки газового конденсату. Істотну роль у функціонуванні аналізованої автоматизованої системи грають вимірювальні датчики температури. Для виміру можуть бути використані властивості твердих, рідких і газоподібних речовин, що змінюються залежно від температури. Проте багато з цих параметрів можна вимірювати лише із застосуванням складної і досить дорогої апаратури або при жорсткій стабілізації параметрів довкілля, що відіграє суттєву роль на кінцевому результаті розроблюваної електронної системи контролю. Тому у дослідженні піддані лише ті методи виміру температури, які вже знайшли ефективне застосування в промисловості, зокрема в технологічних процесах. Проведений в роботі порівняльний аналіз по відповідних критеріях дозволив обрати найбільш прийнятний датчик температури, заснований на термоелектричному ефекті, тобто термопару.

В рамках випускної роботи магістра розроблена структурна схема електронного пристрою, на основі огляду літератури запропоновані можливі варіанти схемотехнічних рішень на основі існуючої елементної бази електронних компонентів, які найбільш точно дозволять задовольнити поставлені в роботі задачі. Зокрема для побудови системи регулювання, яка є одним з центральних блоків проєктованої системи, обрана мікросхема At89s53 фірми Atmel Corporation – це економічний, високопродуктивний, 8-мі розрядний CMOS мікроконтролер, що дозволяє зменшити складність схемотехнічної реалізації системи, значно знизити її вартість, але при цьому забезпечити необхідну швидкодію за рахунок використання програмного забезпечення, яке буде розроблено в рамках реалізації електронної системи.

Адаптація технології тривимірного друку для виготовлення доріжок електронних плат

Кононов О.К., студент; Знаменщиков Я.В., аспірант;
Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

На сучасному етапі розвитку електроніки зі зменшенням розмірів корпусів електронних компонентів та збільшення їх функціоналу, виникає необхідність створення друкованих плат нового типу з більшою кількістю шарів та меншою шириною та висотою доріжок. Типові методи створення електронних плат потребують залучення складного промислового обладнання та значних матеріальних затрат, що в свою чергу є не вигідною технологією виробництва.

Останнім часом технології 3D друку позиціонуються як більш дешева альтернатива існуючим методам у багатьох галузях виробництва, зокрема увагу розробників електроніки привертає можливість виготовлення електронного пристрою шляхом пошарового друку струмопровідних доріжок, шарів діелектрику та елементів корпусу.

З ціллю зменшення собівартості друкованих плат, розширення можливостей розробників при проектуванні електронних пристроїв нами було розглянуто метод тривимірного друку як спосіб нанесення струмопровідної речовини на поверхню діелектрику. Проаналізовані методи виготовлення друкованих плат, такі як: хімічний субтрактивний метод, комбінований позитивний метод (напіваддитивний метод), метод попарного пресування друкованих плат, метод пошарового нарощування, були враховані властивості матеріалів, з яких виготовляються плати.

З урахуванням переваг і недоліків перелічених методів виготовлення друкованих плат нами була спроектована установка для тривимірного друку доріжок електронних плат. Процес виготовлення друкованої плати полягає в пошаровому напиленні суміші двох компонентів, які вступають в хімічну реакцію з утворенням осаду, що являється струмопровідним шаром і формує на платі «доріжки». діелектричну поверхню, в якості якої може бути використане скло, пластмаса, текстоліт, папір і т.п.

Регулятор частоты вращения асинхронного электродвигателя на базе АИН

Новгородцев А.И., *доцент*; Кочубей А.В., студент
Сумский государственный университет, г. Суми

Для изменения частоты вращения трехфазного асинхронного двигателя, необходимо изменять частоту поля статора и амплитуду напряжения. Существующие модули управления такими двигателями, не обеспечивают заданный интервал регулирования частоты вращения и независимость момента вращения от частоты.

Для обеспечения независимости момента от частоты, необходимо выполнение условия $U/f = \text{const}$. Данное соотношение приемлемо только для двигателей большой мощности. Для двигателей малой и средней мощности, превышают напряжение относительно закона $U/f = \text{const}$.

Блок-схема регулятора частоты, состоит из выпрямителя, фильтра, автономного инвертора и модуля управления. Инвертор выполнен по схеме трехфазного моста на шести электронных ключах. Регулирование частоты и амплитуды трехфазного напряжения осуществляется изменением скважности и частоты импульсов, управляющих этими ключами.

Импульсы, генерируемые системой управления, следующие с частотой вращения, подвергаются широтно-импульсному модулированию (ШИМ) – дополнительно модулируются более высокочастотными импульсами изменяемой скважности.

В качестве ключей автономного инвертора напряжения используют IGBT транзисторы, которые могут работать на частоте до 100 кГц. Большой рабочий ток позволяет использовать их в системах управления мощными электродвигателями. Силовой модуль выполнен на микросхеме IR2131 предназначенный для трехфазных инверторов на IGBT ключах. Задание режимов работы и управления регулятором осуществляется микроконтроллером серии PIC16. Предложенный метод управления преобразователем позволяет значительно увеличить интервал регулирования частоты вращения и независимость момента от частоты.

Оценка фазового состояния динамических систем

Новгородцев А.И., *доцент*; Посна Э.Н., *студент*
Сумский государственный университет, г. Суми

Оценка вектора состояния нестационарных систем в фазовом пространстве возникает при решении задачи управления техническими процессами. Такие системы описываются нестационарными линейными дифференциальными уравнениями и относятся к классу управляемых объектов.

Предлагается алгоритм оценки фазового состояния основанный на достоверности параметров для решения дифференциальных уравнений. При этом между измеряемыми выходами динамической системы должно выполняться условие квазистационарности.

При анализе полученных уравнений оказалось, что их правые части не учитывают случайные добавки шумов и помех измерений. Но при этом, полученные системы дифференциальных уравнений, включают ошибки измерений правых частей за счет прохождения белого шума.

Дальнейшая обработка приведенного к выходу шума измерений, происходит обобщенным методом наименьших квадратов. Оценку фазового состояния динамической системы в текущий момент времени, можно получить применяя указанный метод. Новая оценка фазового состояния определяется как разность между новым измерением выхода и прогнозом этого измерения на основании старых наблюдений.

Полученные результаты математического моделирования идентификации измерения скорости звука в жидких средах, а также экспериментальные исследования, доказывают эффективность предложенного метода синтеза и алгоритма.

В отличие от алгоритма динамической фильтрации Калмана, предложенный алгоритм учитывает нестационарность системы, а также шумы измерений выхода, что приводит к коррекции ошибки оценки фазового состояния.

Полученный алгоритм может быть использован в создании программного обеспечения управляющих устройств для данных систем.

Разработка программного обеспечения поддержки выбора микроконтроллеров для систем автоматизации

Сорокин Д.С., студент; Калоев М.А., студент.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Сегодня проблема выбора микроконтроллера для использования в той или иной системе автоматизации особенно актуальна.

При классификации микроконтроллеров должны быть приняты во внимание многие параметры. Разрядность машинного слова (4,8,16,32 бита). Набор команд: RISC, CISC и гибридный тип (CISC-команды, адаптированные для выполнения на RISC-ядре). Архитектура памяти: гарвардская или принстонская. По степени интеграции: VSLI-ядро или стандартный IC-чип. Семейство микроконтроллера: Intel 8051, Motorola, PIC, ARM, Hitachi и др.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы нами была разработано приложение, позволяющее осуществить выбор подходящего микроконтроллера по заданным пользователем параметрам. При создании программы была использована среда разработки Qt Creator и язык программирования C++. Принцип работы программы заключается в следующем: на первом этапе пользователь производит спецификацию системы, для которой необходимо выбрать микроконтроллер, после чего программа выводит на экран сравнительные таблицы, содержащие названия и характеристики микроконтроллеров подпадающие под запросы пользователя; на последнем этапе пользователь выбирает одну из предложенных альтернатив. Приложение использует следующие критерии выбора микроконтроллеров: разрядность, архитектура памяти, физические размеры, совместимость с другими устройствами, энергопотребление, рейтинг производителя. В дальнейшем планируется дополнить разработанное программное обеспечение модулем автоматического заполнения базы данных микроконтроллеров при помощи синтаксического анализатора обрабатывающего даташиты микроконтроллеров, загруженные с сайта производителя.

Руководитель: Романов А.Ю., *старший преподаватель*

Блок питания с программной установкой порогов выходного напряжения

Новгородцев А.И., *доцент*; Барановский А.А., *студент*
Сумский государственный университет, г. Суми

Этот блок питания (БП) защищен от максимальных значений тока и напряжения, которые задаются пользователем, а так же от замыканий выхода. В БП входит четыре основных функциональных узла: сетевой импульсный источник питания, который настроен на выходное постоянное напряжение 26 В и способен отдавать ток до 2,2 А, стабилизатор напряжения + 12 В и + 5 В для питания узлов БП, регулируемый стабилизатор выходного напряжения, модуль управления и индикации.

Микроконтроллер выполняет функции по заданию режимов работы, считывания контролируемых параметров с датчиков и выводу информации на индикаторы.

При подключении к сети 220 В источника питания, его напряжение поступает на два стабилизатора: регулируемый импульсный и нерегулируемый. Нерегулируемый стабилизатор подключен к реле, через которое стабилизированное напряжение подается на нагрузку блока. Это дает возможность отключить нагрузку при срабатывании защиты. Вне зависимости от состояния контактов реле из регулируемого стабилизатора, через делитель, напряжение поступает на вход АЦП микроконтроллера, где измеряется и выводится на индикатор. Такое решение позволяет выставить нужное напряжение до подключения нагрузки.

Датчиком тока нагрузки является шунт, который включен в минусовой провод нагрузки. С шунта через инструментальный усилитель напряжение, эквивалентное току нагрузки, поступает на внешний 14-разрядный АЦП, так как встроенный 10-разрядный АЦП микроконтроллера не дает достаточную точность измерения.

При срабатывании защиты контакты реле размыкаются и подается звуковой сигнал. Таким образом делается невозможным превышение допустимых значений токов и напряжений, что эффективно защищает аппаратуру, которая питается от данного БП.

Формувач багатозначних біноміальних чисел

Протасова Т.А., *старший викладач*; Литвиненко І.Ю., *студент*;
Тарасенко А.І., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом великим попитом користуються нетрадиційні системи числення, тобто такі, що побудовані за іншими законами, ніж звичайні показові функції. Це Фібоначчєві, факторіальні, біноміальні системи числення з двійковим та багатозначним алфавітом. Вони досить ефективні при стиску даних, криптографічному захисту інформації, перешкодостійкій передачі даних. Тому актуальна задача побудови формувача багатозначних біноміальних чисел.

При перетворенні двійкове число записують у вхідний регістр. Доцільно це робити в послідовному коді. В процесі запису визначаються параметри, що впливають на діапазон та характеристики біноміальної системи числення – паралельно підраховуються довжина числа (m), що полягає перетворенню та кількість одиниць (k) в цьому числі. Значення m та k подають на входи формувача важелів розрядів біноміального числа, з виходу якого одержане число сполучення подають на перші входи схеми порівняння, на другі входи якої подається початкова двійкова комбінація. Виконується порівняння. Якщо двійкове число менше числа сполучень, то розряду присвоюють нульове значення та здійснюється перехід до наступного розряду. Якщо двійкове число більше числа сполучень – в перший розряд регістру біноміального числа записується одиниця. Зменшується на одиницю параметр m , вираховується наступне число сполучень та додається до попереднього значення. Знову виконується порівняння. Якщо сума знову менша за двійкове число, то розряд біноміального числа збільшується на одиницю та процедура повторюється. В протилежному разі – відбувається перехід до знаходження наступного розряду біноміального числа. Тепер суми сполучень будуть порівнюватись з різницею між двійковим числом та сумою сполучень, отриманих на попередніх кроках. Процедура повторюється, поки не буде знайдено значення усіх розрядів біноміального числа.

Об эффективности применения биномиальной системы счисления при построении измерительных каналов

Бережная О.В.¹, *доцент*; Арбузов В.В.², *генеральный директор*;

Безгинский В.В.¹, *студент*; Смолянинова Ю.Ю.¹, *студент*

¹Сумский государственный университет, г. Сумы

²Научно-производственное предприятие «Преобразователь», г. Сумы

Интенсификация процесса автоматизации технологических процессов нуждается в обеспечении его такими средствами автоматизации, которые бы отличались повышенной надежностью и быстродействием аналого-цифровых преобразований при измерениях параметров технологического процесса, а также высоким уровнем помехозащищенности процесса передачи измерительной информации.

Существующие подходы при построении измерительных каналов основаны на применении двоичной системы счисления и требуют аппаратной избыточности в виде применения отдельных узлов для решения задач аналого-цифрового преобразования, самоконтроля и помехоустойчивого кодирования при передаче данных по каналу связи. С целью поиска более эффективных решений необходимо провести исследование возможности замены двоичной системы счисления на более эффективную для таких задач систему счисления и построения на этой основе многофункционального устройства с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В результате проведенных исследований была разработана структурная схема измерительного канала, построенного с применением биномиальной системы счисления (БСС). При этом включение в состав аналого-цифрового преобразователя (АЦП) биномиального счетчика вместо двоичного уменьшает время преобразований, а сформированная биномиальная двоичная последовательность является помехоустойчивой и позволяет с одной стороны судить о наличии сбоев в АЦП и о его работоспособности, а с другой – обнаруживать ошибки при передаче данных по каналу связи.

Таким образом, применение БСС позволяет разрабатывать с минимальными затратами универсальные АЦП с функциями самоконтроля и помехоустойчивого кодирования, обладающего высоким быстродействием, повышенной надежностью и достоверностью при передаче цифровой измерительной информации.

СЕКЦІЯ 7

«Електротехніка»

Исследования по применению пленочного диэлектрика в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов

Гулько В.И., Дмитришин А.Я., Топоров С.О.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
г. Николаев

Основной тенденцией в области создания высоковольтных импульсных конденсаторов (ВИК) является переход от применения в их конструкциях бумажного и комбинированного бумажно-пленочного диэлектриков к пленочному диэлектрику, пропитанному маловязкой неполярной диэлектрической жидкостью.

При выполнении данной работы был проведен комплекс экспериментальных исследований по выбору типов пленочного и пропитывающего диэлектриков. Построена зависимость среднего ресурса ВИК от их удельной запасаемой энергии для различных пленочных диэлектрических систем.

Установлено, что применение пленочных диэлектрических систем, по сравнению с применяемыми ранее пропитанным бумажно-пленочным диэлектриком, позволяет повысить удельную запасаемую энергию более чем в два раза при одинаковом ресурсе или повысить ресурс в от 25 до 40 раз при одинаковой удельной запасаемой энергии в зависимости от типа диэлектрической системы. Вместе с тем получено, что применение пленочного диэлектрика позволяет увеличить удельную запасаемую энергию конденсатора от 1,3 до 1,8 раз при одновременном увеличении ресурса.

Получены эмпирические зависимости среднего ресурса конденсатора для различных пленочных диэлектрических систем в зависимости от величины рабочей напряженности электрического поля в диэлектрике конденсатора, режимов его эксплуатации и температуры окружающей среды.

По результатам проведенных исследований создан ряд ВИК на основе пленочных диэлектрических систем различного конструктивного исполнения на рабочие напряжения от 5 до 100 кВ и номинальными емкостями от 0,04 до 200 мкФ и средним ресурсом от 10^4 до 10^8 зарядов-разрядов, предназначенных для работы в режимах как апериодического так и колебательного разряда с различными частотами следования зарядов-разрядов.

Вплив підвищеної температури на експлуатаційні властивості просочуючої рідини плівкових діелектричних систем високовольтних електротехнічних пристроїв

Малюшевська А.П., *старший науковий співробітник*
ІПТ НАН України, м. Николаїв

Неминучим для внутрішньої просоченої ізоляції електроустаткування є старіння, яке у практичному аспекті електротехніки являє собою погіршення експлуатаційних характеристик. При будь-яких формах старіння найбільш слабкою ланкою є просочуюча рідина. За умов відсутності початкових часткових розрядів основною причиною зниження працездатності просоченої плівкової ізоляції є процеси, які пов'язані з термоокисною деструкцією самої рідини й термостимульованою взаємодією компонентів діелектричної композиції. Мета дослідження - вивчення термостабільності експлуатаційних властивостей трансформаторного масла Т-1500, яке використовується для просочення поліпропіленово-поліетилентерефталатних діелектричних системах високовольтних імпульсних конденсаторів. Поява продуктів розкладання самої рідини й руйнування полімерних плівок незмінно впливатиме на електрофізичні властивості рідини. Тому необхідно контролювати, наприклад, тангенс кута діелектричних втрат ($tg\delta$). Розраховували коефіцієнт дестабілізації (D), який представляє собою відношення $tg\delta$ рідкого діелектрика після його термостаріння в контакт з плівкою до аналогічної характеристики рідини після її термостаріння в ідентичних умовах без плівки. Вивчали кінетику коефіцієнта відносного світлопропускання (K_{ec}) рідини, яка ілюструє зміну стану просочуючого середовища в зв'язку з появою в рідині макромолекул і фрагментів полімеру.

Показано, що аналіз зміни відносного світлопропускання просочуючих рідких середовищ може розглядатися як вірогідне свідчення термостимульованої взаємодії полімерної плівки і просочення, є практично корисним при порівняльних дослідженнях різних плівкових просочених діелектриків, а також для проведення експрес-діагностики стану плівкової просоченої ізоляції в ході ресурсних випробувань електротехнічних пристроїв.

Research of frequency generator for vibroacoustic therapy device

Bazilo C.V., *Associate Professor*; Medianyк V.V., *Student*
Cherkasy State Technological University, Cherkasy

The piezoceramic transducer is an electroacoustic device capable of reproducing sound by inverse piezoelectric effect. Piezoceramics has its universal properties and are widely used in various fields of engineering.

A lot of experiments have been carried out in the field of vibroacoustic therapy to find the most effective sound frequency. A great contribution to the development of vibroacoustic therapy was made by O. Skille. He spent more than 40 thousand hours to find out. And he identified the most effective frequency range, which is between 40 and 120 Hz. The properties of piezoelectric electrodes gave the opportunity to use them as the best option in vibroacoustic therapy.

One of the disadvantages of the piezoelectric electrodes was rather hard frequency regulation of the device and also the large error during the manual frequency regulation. A frequency synthesizer microcontroller unit can be proposed as the solution of this problem. This makes it possible to automate the operation of the vibroacoustic therapy device and also to create multiple modes of the device, with different ranges of frequency. This also gives an opportunity not only to simplify the work for the user, but also to increase the versatility of the device. As it is known, the frequency synthesizer has a wide range frequencies and a high precision. The installation of frequency synthesizer into the scheme of the device will significantly reduce the error in the choice of frequency.

All of the above will help to create a fairly universal vibroacoustic device with a wide range of frequencies, maximum precision and ease of use. It can be used for therapy, massage or other medical purposes. Also new device can be used not only at hospitals by the medical staff, but also at home by users without mandatory medical education.

1. C. Boyd-Brewer, *Vibroacoustic therapy: sound vibrations in medicine. Alternative & Complementary Therapies* 9(5), 257 (2003).
2. K.V. Bazilo, V.V. Medianyк, *Research of Piezoelectric Adders for Vibroacoustic Physiotherapy* (2015).

Робота індукційного лічильника електроенергії при відхиленні від робочого вертикального положення

Дяговченко І. М., асистент; Гаврилюк В. С., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Для вимірювання спожитої чи виробленої енергії у мережах змінного струму промислової частоти застосовуються лічильники електронного та індукційного типу.

У лічильниках індукційної системи відбувається взаємодія змінних магнітних потоків зі струмами, які індукуються ними в рухомій частині приладу (алюмінієвий диск, вісь, підп'ятник і підшипник).

Під впливом сил електромеханічної взаємодії диск і вісь починають рухатися й обертаються з частотою, пропорційною значенню потужності. Обертальний момент можна виразити через вимірювану активну потужність

$$M_{вр} = c \cdot P,$$

де c – коефіцієнт пропорційності, P – потужність.

Аналогічне твердження справедливе і для лічильників реактивної електроенергії. Таким чином, кількість обертів рухомої частини дозволяє вимірювати електроенергію (добуток потужності на час).

Відповідно до ГОСТу 6570-96, відхилення лічильників від вертикального робочого положення в будь-якому напрямку не повинно бути більше ніж 3° . У разі перевищення цього значення в опорах рухомої осі відбуваються зміни моменту тертя, що призводить до додаткової похибки.

Нами було проведено дослідження впливу положення трифазного індукційного лічильника електроенергії типу СА4-195 на точність його вимірювань при підключенні активного і реактивного індуктивного навантаження. Для контрольної повірки використовувався електронний секундомір та однофазні ватметри класу точності 0,1.

У результаті досліджень виявлено, що відхилення у вертикальній площині до 10° практично не впливають на покази приладу обліку. При подальших відхиленнях положення лічильника (до 30°) спостерігаються суттєві похибки (до $-4,63\%$), які виходять за межі допустимої похибки приладу обліку.

Активно-адаптивні енергомережі

Сотник О.А., *студент*

Дніпродзержинський енергетичний технікум, м. Дніпродзержинськ

В даний час лише третина виробленої енергії в світі корисно витрачається.

Концепція активно адаптивних мереж також відома, як Smart Grid.

Smart Grid (інтелектуальні мережі) – це повністю автоматизована енергетична система, яка повсюдно забезпечує двосторонній потік електричної енергії та інформації між електричними станціями і пристроями, акумулюючими джерелами та споживачами.

Складові концепції створення інтелектуальних мереж: 1) Нові рішення і технології. 2) Інформаційна взаємодія та системи керування. 3) Нормативно-правові аспекти. 4) Створення та реалізація енергетичних кластерів. 5) Тиражування результатів, об'єднання енергетичних кластерів, створення інтелектуальної енергетичної мережі.

Прикладом економії на основі концепції активно-енергомереж, може слугувати той факт, що в 2008 році компанія Senty Equipment Corporation, штат Вісконсін, США, в ході будівництва нового підприємства вирішила повністю відмовитися від ламп розжарювання і використовувати для освітлення виключно led-лампи. Як наслідок вартість проекту зросла в три рази. Під час експлуатації вартість проекту окупилася протягом 2-х років лише за рахунок економії електроенергії. Використані в проекті лампи не були найсучаснішими, хоча термін їх служби складає близько 20 років, також потрібно враховувати явну економію на обслуговуванні освітлювальної мережі. Також можливі більш складні приклади повноцінних Smart Grid мереж на основі рішень з використанням різного роду датчиків та систем автоматизованого керування.

Керівник: Шевченко А.С., *викладач*

1. Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, *Техн. електродинаміка* № 5 (2012).
2. <http://ecoenergy.dilovamova.com>

Синтез регулятора струму розосередженого джерела за внутрішньою моделлю об'єкту управління

Кахерський С. І., студент; Ермоленко А.С., студент;
Огій О.О., студент; Петровський М.В., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

У зв'язку з широким використанням розосереджених джерел електричної енергії та їх інтеграції в загальну енергосистему потребують розробки та оптимізації системи керування інверторів, що обумовлює актуальність дослідження.

В роботі проведено моделювання неідеального напівмостового інвертора, що представляє собою 2 комутатори. Кожний комутатор складається з повністю контрольованого електронного ключа, який пропускає струм лише в одному напрямку.

На основі моделі інвертора отримано рівняння, що описує динаміку його роботи:

$$Ldi/dt + (R+r_{on})i = U_t - U_s, \quad (1)$$

де

$$U_t = mU_{DC}/2. \quad (2)$$

Рівняння (1) представляє систему, у якій i є змінною стану, U_t – керуючим входом, а U_s – входом збурення. Ldi/dt та Ri – втрати напруги на фільтрі, $r_{on}i$ – втрати напруги на транзисторі. Виходом системи буде потужність, якою обмінюється інвертор з джерелом на стороні змінної напруги, тобто, $P_s = U_s i$. На основі (2) вхід U_t пропорційний i керується за допомогою моделюючого сигналу m .

Головним завданням контролю є регулювання i у відповідності з попередньо встановленим значенням. Для цього в роботі був застосований пропорційно-інтегральний компенсатор загального вигляду $K(s) = (k_p s + k_i)/s$. Для налаштування компенсатора, тобто підбору його параметрів, був обраний метод внутрішньої моделі.

На основі побудованої моделі інвертора в роботі проведена оцінка перехідного процесу в середовищі PSCAD за трьома показниками: величина максимального перерегулювання, тривалість регулювання t_p , число N_p коливань регульованої величини протягом часу t_p перехідного процесу.

Розрахунки аварійних режимів в кабельних мережах 6 кВ

Білоковаленко С.А., студент; Старшиков Р.С., студент;
Лебедка С.М., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

Метою роботи є розрахунки аварійних режимів при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ) в кабельних мережах напругою 6 кВ, що виконані із застосуванням комп'ютерної моделі у середовищі MATLAB-Simulink-SimPowerSystems. Як розрахункова схема використовується частина кабельної мережі, що живиться від підстанції «Кіровська» (м. Суми) і має сумарну протяжність 21,5 км.

У розрахунках варіювалися: режим нейтралі (ізольована, компенсована, глухозаземлена), спосіб заземлення (через реактор, через низькоомний або високоомний резистор, комбіноване), величини опорів реактора і резистора для дослідження впливу цих факторів на струми ОЗЗ, рівні перенапруг, еквівалентний опір мережі, напругу зміщення нейтралі.

В ході розрахунків визначені якісні та кількісні характеристики електромагнітних перехідних процесів, необхідні для аналізу умов роботи мереж з різними режимами нейтралі. Визначено, що вибір способу заземлення нейтралі мережі повинен виконуватися з наступних варіантів: резонансне заземлення (або резонансне з високоомним резистором), ізольована нейтраль (або нейтраль з високоомним резистором), низькоомне заземлення нейтралі.

Як результати розрахунків можна зазначити, що резонансне заземлення нейтралі може забезпечити компенсацію ємнісних струмів і зниження перенапруг до $(1,8-2) U_{\phi}$. Проте досягнення позитивного ефекту від застосування ДГР можливо тільки при забезпеченні точності визначення струму ОЗЗ і збільшення швидкодії автоматичної настройки ДГР на резонанс. У мережах з резистивним заземленням нейтралі може бути забезпечено збільшення струмів ОЗЗ до рівня, необхідного для спрацювання релейного захисту при низькоомному заземленні нейтралі або зниження до заданого рівня перенапруг при високоомному заземленні.

Розроблена модель забезпечує більш високу точність визначення струмів в місці ОЗЗ і в нейтралі, на відміну від наближеної методики, рекомендованої діючими інструктивними документами.

Вплив статичного синхронного компенсатора реактивної потужності на роботу дистанційного захисту

Ігнатова О.І., *студент*; Іванов С.О., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

В той час коли використання пристроїв статичної компенсації реактивної потужності покращує керованість, стійкість систем електропередачі а також збільшує пропускну здатність, дані пристрої негативно впливають на роботу пристроїв релейного захисту робота яких пов'язана з контролем значень активного та реактивного опору системи. Прикладом пристроїв, на роботу яких впливає наявність СТАТКОМ (статичний синхронний компенсатор реактивної потужності), є дистанційний захист.

В даній роботі представлена детальна модель системи електропередачі яка включає в себе установку статичної компенсації реактивної потужності, яка була реалізована в програмному комплексі PSCAD/EMTDC. СТАТКОМ генерує необхідну реактивну потужність шляхом обміну миттєвою реактивною потужністю між фазами системи змінного струму. Механізм, за допомогою якого перетворювач внутрішньо генерує і / або споживає реактивну потужність можна зрозуміти, розглядаючи взаємозв'язок між виходом і входом перетворювача. Перемикач перетворювача підключає DC-вхідний контур безпосередньо до змінного вихідного ланцюга. Таким чином, чисто миттєва потужність на виході клеми завжди повинна дорівнювати чистій миттєвій потужності на DC-вхідній клемі.

Було встановлено, що величина вхідного опору залежить від режиму роботи статичного компенсатора та величини реактивної потужності, що генерує/споживає СТАТКОМ з електричної мережі, як результат отримуємо помилкове спрацювання дистанційного захисту.

Керівник: Іванов О.О., *аспірант*

1. Г. Циглер, *Цифровые устройства дифференциальной защиты. Принципы и область применения* (Под. ред. А.Ф. Дьякова) (Энергоиздат: 2005).

Моделювання впливу роботи електричних двигунів на якість електричної енергії

Клочко О.О., студент; Макуха Д.М., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Зростання потужності приладів, які в роботі використовують реактивну потужність, формують в мережі несинусоїдальність, несиметрію та гармоніки високих порядків, призводить до збільшення рівня електромагнітного впливу в системі електропостачання підприємств та самій системі передачі енергії. Дані впливи негативно впливають на електроустановки споживачів, системи автоматики, кіномеханіки та релейного захисту. На даний час існує декілька способів вимірювання швидкозмінних показників електричної енергії, законодавчо це відображено у державних стандартах країни, але єдина методика для вимірювання отриманих з приладів значень відсутня.

Пропонується провести комп'ютерне моделювання впливу роботи електричних двигунів різного типу на якість електричної енергії в системі електроспоживання. Моделювання електричної трифазної мережі з асинхронним двигуном, двигуном постійного струму проведемо з допомогою програмного комплексу MathCad.

Проаналізовано типові структури засобів вимірювання та технічні вимоги. Переглянуті процеси, що протікають в мережі, та проаналізували вплив спотворень синусоїди на неї. Проаналізовані швидкозмінні показники електричної енергії в електричній мережі та отримані характеристики з допомогою вимірювальних приладів. Графіки дають можливість зробити висновок про негативний вплив на роботу як приладів та створення компенсаційного пристрою для покращення якості електричної енергії при роботі потужних електродвигунів.

1. А. Куско, М. Томпсон, *Качество энергии в электрических сетях* (Пер. с англ. А.Н. Рабодзеян) (М.: Додэка: 2008).
2. И.В. Черных, *Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystems и Simulink* (М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер: 2008).

Спосіб поновлення осердя фазного ротора машини змінного струму та осердя якоря машини постійного струму

Василега П.О., *доцент*; Канавець О.П., *студент*; Стеблянко С.Е., *студент*; Толстов П.Ю., *студент*; Чернявський І.А., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Існує проблема появи задирок на поверхні осердя фазного ротора машини змінного струму та осердя якоря машини постійного струму. Проблема полягає в тому, що задирки з'єднують між собою окремі пластини осердя, що призводить до збільшення магнітних втрат і зниження ККД машини.

На цей час відомі декілька способів поновлення осердя короткозамкненого ротора машини змінного струму, серед яких найбільш ефективним є спосіб, згідно якого осердя ротора занурюється на порівняно велику глибину в електроліт, і задирки видаляють шляхом електрохімічної обробки пошкодженої поверхні. Але цей спосіб не може бути використаним для ремонту фазного ротора машини змінного струму або якоря машини постійного струму, оскільки при зануренні обмоток ротора (якоря) в електроліт і пропусканні постійного струму через електроліт та осердя ротора (якоря) в результаті електролізу відбувається не лише видалення задирок, але й пошкодження ізоляції обмотки, яке зумовлює погіршення її ізоляційних властивостей.

Був розроблений пристрій, який дозволяє видаляти задирки на поверхні ротора (якоря) шляхом її електрохімічної обробки не пошкоджуючи при цьому обмотки фазного ротора або обмотки якоря. Принципова відмінність цього пристрою від попередніх полягає в тому, що він дозволяє з великою точністю занурювати осердя ротора (якоря) в електроліт. Така точність занурення досягається за рахунок використання спеціальних підшипникових щитів з мікрогвинтами. При цьому способі величина занурення в електроліт осердя є меншою за відстань від зовнішньої поверхні осердя ротора (якоря) до обмотки. Завдяки цьому усувається можливість контактування ізоляції обмотки ротора (якоря) з електролітом в процесі електролізу.

Исследование основных характеристик гетероструктурных каскадных фотоэлектрических преобразователей

Натарова Ю.В., *студент*

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков

Создание альтернативных источников питания – солнечных батарей, влечет за собой высокую стоимость материала, лежащего в их основе: кристаллического кремния. Это есть большой проблемой солнечной энергетики, решением которой в настоящее время является применение гетероструктурных каскадных фотоэлектрических преобразователей.

Поэтому, целью данной работы является расчет и исследование основных электрических характеристик для наиболее распространенных структур фотопреобразователей, сравнительный анализ их эффективности. А также проверка метода исследования и сравнение с существующими, которые сложны в реализации.

Исследуемая модель фотопреобразователя, представляет собой многослойную структуру с междуслойными переходами. Такая структура солнечного фотопреобразователя разработана фирмой SANYO.

В данной работе были рассчитаны ВАХ гетероперехода и проведен сравнительный анализ с экспериментальными данными. Также были получены зависимости фототока и напряжения холостого хода исследуемого гетероперехода при изменении толщины слоев c-Si и a-Si. Приведенные расчетные соотношения разработаны для перехода (p)-a-Si:H/(n)-c-Si, но эта расчетная модель может быть использована и для ряда других конфигураций и материалов гетероструктур.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что исследуемый метод позволяет оценить эффективность рассматриваемого типа фотопреобразователя. Теоретические результаты хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями. Данный метод позволяет теоретически исследовать, анализировать более дорогостоящие структуры, для дальнейшего улучшения их эффективности.

Руководитель: Галат А.Б., *доцент*

Імпланти в якості електронагрівачів

Гончаров В.В.¹, доцент; Катруха А.В.², учень 11 класу

¹ Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Рубіжне

² Загальноосвітня школа I-III ступенів №6, м. Рубіжне

Енергоефективність приладів є гострим питанням для науки та промисловості. Нагрівачі з великим ККД безумовно потрібні нашій країні і вивчення цієї проблеми важливо для кожного з нас.

Важливим фактором, який впливає на теплові характеристики нагрівачів, є коефіцієнт тепловіддачі їх головного елемента. Метали і сплави, які добре віддають тепло, мають високу вартість. Нержавіюча сталь - доступний і порівняно дешевий сплав. Для підвищення його теплових характеристик в роботі було використано метод іонної імплантації, заснований на впровадженні в тверде тіло прискорених в електромагнітному полі іонізованих атомів і молекул.

Метою дослідження було модифікувати сталеву фольгу за допомогою іонної імплантації і виготовити з отриманого імплантату електронагрівач з підвищеними характеристиками.

Результати досліджень показали, що зразок, оброблений іонами титану, при розгляданні радіаційної тепловіддачі поводить себе, як спіраль з ніхрому, що дозволяє рекомендувати імпланти в якості інфрачервоних пальників.

Також виявлено, що потужність нагрівача з імплантату перевищує не тільки потужність необробленого зразка, а і ніхрому, що свідчить про більшу його економічність.

До того ж температури поверхні імплантату з іонами титану перевищують ніхром майже на 100 °С, що дозволяє рекомендувати імпланти не просто як нагрівачі, а, наприклад, як каталітичні пальники.

Таким чином можна порадити виробникам нагрівачів різних видів цю технологію для своєї продукції.

1. I. M. Kuzmenko, *Am. J. En. Res.* **3**, 2 (2014).
2. G. Changsheng, Ya. Shaopan, *Am. J. Ind. Eng.* **3**, 1 (2013).
3. P. Mal, N. Guo, *Am. J. Mech. Eng.* **3**, 3 (2015).

Розробка енергозберігаючої інтелектуальної системи контролю електроопалення приміщень

Толбатов В.А.¹, доцент; Толбатов А.В.², доцент; Толбатов С.В.³, доцент; Агаджанова С.В.², доцент; Смоляров Г.А.², доцент

¹ Сумський державний університет, м. Суми

² Сумський національний аграрний університет, м. Суми

³ Національний авіаційний університет, м. Київ

Сьогодні дуже гостро стоїть питання енергозбереження, економії наявних ресурсів та їх найбільш раціонального використання. Тому більшість існуючих пристроїв для електроопалення втратили свою актуальність. Разом з тим з'явився попит на системи, які відповідали б новим вимогам та стандартам. Таким чином, розробка інтелектуальної системи управління для контролю за приладами опалення є актуальною науково-технічною задачею.

Проведені дослідження показують, що використання інтелектуальної системи управління дозволить зберігати від 20 до 70% енергоресурсів витрачаємих на обігрів приміщень. Існуючі системи управління як правило мають цілий ряд недоліків які слід було б усунути. Головною перевагою використання електричних систем опалення є можливість побудови «гнучкої» системи опалення та підтримки температурного режиму в приміщеннях. «Гнучкість» системи полягає в можливості оптимальної настройки системи відповідно до потреб. При використанні існуючої або нової системи спільно з розробленою інтелектуальною системою контролю електроопалення можна отримати наступні переваги:

- дотримання та підтримку необхідного температурного режиму в приміщенні;
- одночасне обслуговування кількох приміщень;
- віддалене програмування графіка роботи та необхідних температур;
- можливість автономної роботи без участі людини;
- економія електроенергії від 20 до 70 %.

Енергозберігаючу інтелектуальну систему реалізовано, розроблено програмне забезпечення та алгоритми управління. Вона повністю відповідає таким вимогам: універсальність, програмованість, модульність, автономність, дружній інтерфейс.

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2016

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Відповідальний за випуск
декан ф-ту ЕЛІТ

проф. **С.І. Проценко**

Комп'ютерне верстання
Дизайн обкладинки

асист. **Ю.М. Шабельника**
доц. **Т.В. Лютого**

Відповідальний редактор

доц. **Т.В. Лютий**

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 13,14 Обл.-вид. арк. 15,37 Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Р.-Корсакова, 2, м. Суми, 40007,
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.

