



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

ФЕЕ :: 2012

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

(Суми, 16-21 квітня 2012 року)

**Суми,
Сумський державний університет
2012**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2012

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 16-21 квітня 2012 року)

Суми
Сумський державний університет
2012

Шановні колеги!

Уже другий рік поспіль факультетом електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету проводиться конференція «Фізика, електроніка, електротехніка». Головним принципом 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 за участь у конференції.

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

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

E-mail: lyutyu@oeph.sumdu.edu.ua

Web: <http://elitconf.sumdu.edu.ua/index.php/electronics/fee12>

Конференція проводиться в рамках 6-го Всеукраїнського фестивалю науки та Дня науки.

Секції конференції

1. Теоретична фізика.
2. Експериментальна фізика.
3. Нанoeлектроніка.
4. Фізичні процеси у матеріалах мікроелектроніки.
5. Електронне приладобудування.
6. Енергозбереження в електроенергетиці.
7. Електронні системи і засоби кодування інформації.

Голова оргкомітету

доцент С.І. Проценко.

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ 1 «ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

Голова секції – д-р. фіз.-мат. наук, проф. Лопаткін Ю.М.
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук, ст. викл. Вітренко А.М.

Початок: 18 квітня 2012 р., ауд. ЕТ 310, 12⁴⁵.

1. Обобщенное уравнение Фоккера-Планка для стохастического уравнения Ландау-Лифшица с пуассоновским белым шумом.

Авторы: проф. Денисов С.И.,
асп. **Бондарь Е.А.**

2. Long-time solutions of decoupled continuous-time random walks with asymmetric heavy-tailed jump length distributions.

Reporters: prof. Denisov S.I.,
stud. **Bystrik Yu.S.**

3. Энергия магнитного момента в циркулярно-поляризованном поле.

Автор – доцент Лютый Т.В.

4. Диссипация энергии наночастицы в отсутствие однородной прецессии магнитного момента.

Авторы: доцент **Лютый Т.В.**,
асп. Поляков А.Ю.

5. Применение алгоритма Барнса-Хута для моделирования феррожидкости.

Авторы: асп. **Поляков А.Ю.**,
доцент Лютый Т.В.,
ст. науч. сотр. Денисов С.

6. Равновесные свойства феррожидкостей в узких сосудах.

Авторы: студ. **Рева В.В.**,
асп. Поляков А.Ю.,
доцент Лютый Т.В.

7. Декомпозиція складного контура чисельними та евристичними методами.

Автори: студ. **Третяк А.О.**,
ст. викл. Шовкопляс О.А.,
проф. Лопаткін Ю.М.

8. Влияние теплового разброса и столкновений на усиление электромагнитных волн в плазменно-пучковой системе, помещенной в периодически реверсивное магнитное поле.

Авторы: проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.,
ст. преп. Коваль В.В.,
студ. **Колоскова А.А.**

9. Множественные параметрические резонансы в пролетной секции двухпотокового супергетеродинного лазера на свободных электронах.

Авторы: проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.,
ассист. Ромбовский М.Ю.,
студ. **Смирнова К.В.**

10. Спіновий транспорт в наносистемах зі спін-орбітальною взаємодією Рашби.

Автори: мол. наук. співроб. **Іванов В.І.**,
проф. Дугаєв В.К.,
асп. Дирдал А.,
проф. Барнаш Й.

11. Расчет времени жизни 1S_0 мультиплета празеодима во фторах.

Автори: студ. **Гуринович Я.А.**,
доцент Дунина Е.Б.,
проф. Корниенко А.А.

СЕКЦІЯ 2 «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

Голова секції – д-р. фіз.-мат. наук, проф. Лопаткін Ю.М.
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук, ст. викл. Вітренко А.М.

Початок: 18 квітня 2012 р., ауд. ЕТ 310, 12⁴⁵.

1. Влияние электрического поля на конформацию молекулы дифенила.

Автори: ст. преп. **Шовкопляс О.А.**,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

2. Дослідження кінетики росту згустків Ag, створених лазерним світлом різних довжин хвиль на мікрористалах AgBr.

Автори: асист. **Півень Олександр Б.**,
доцент Півень Олег Б.,
проф. Лопаткін Ю.М.

3. Спектральні дослідження плівок $Zn_xMn_{1-x}S$.

Автори: студ. **Пекутовський Є.М.**,
асп. Климов О.В.
Керівник – доцент Опанасюк А.С.

4. Вклад граничных слоев в формирование электрофизических свойств полимерных нанокомпозитов.

Авторы: науч. сотр. **Колупаев Б.Б.**,
проф. Клепко В.В.,
академик НАН Украины Лебедев Е.В.

5. Диссипация энергии УЗ-волн в гибкоцепных полимерных композитах.

Авторы: ст. преп. **Левчук В.В.**,
проф. Колупаев Б.С.,
проф. Волошин О.М.

6. Діелектрична релаксація гетерогенних полімерних систем на основі гнучколанцюгових полімерів.

Автори: викл. **Ляшук Т.Г.**,
ст. викл. Касаткін В.Г.

7. Влияние магнитного поля на электрические свойства ПВХ, наполненного дисперсным Fe_3O_4 .

Авторы: преп. **Демчук В.Б.**,
проф. Сидлецкий В.А.,
доцент Мащенко В.А.

8. Параметры кластерной структуры наполненных и пластифицированных ПВХ-композиций.

Авторы: проф. Сидлецкий В.А.,
преп. **Демчук В.Б.**

9. Поглинаюча здатність наповнених ПВХ-систем в залежності від природи та вмісту інгредієнтів.

Автори: асист. **Малиновський Є.В.**,
доцент Кривцов В.В.

10. Влияние электрического поля на диэлектрические свойства пластифицированных систем на основе гибкоцепных полимеров.

Авторы: доцент **Максимцев Ю.Р.**,
 доцент Кривцов В.В.

11. Електронна структура графенових нанолістів.

Автори: асп. **Ільків Б.І.**,
 наук. співроб. Петровська С.С.,
 наук. співроб. Сергієнко Р.А.,
 проф. Зауличний Я.В.

12. Іонний транспорт в $Ag_{6-x}Cu_xPSe_5Br$.

Автори: асистент **Мороз М.В.**,
 доцент Мороз В.М.,
 доцент Олексин Д.І.

13. Апробація системи вузькозонного теплового збудження для оцінювання дефектності матеріалу.

Автори: асп. **Кашпор К.А.**,
 проф. Прохоренко С.В.

14. Возможность формирования локальных максимумов модуля напряженности электрического поля в квазирезонаторах.

Автор – ассист. Полетаев Д.А.

15. Бактерицидный материал.

Автор – ассист. Полетаев Д.А.

16. Неруйнівна діагностика біохромів рослинних тканин за оптичними параметрами.

Автор – Шемет С.А.

17. Фізична теорія кольору в дослідженні енерго-інформаційного обміну між біологічними об'єктами.

Автор – пров. наук. співроб. Феденко В.С.

18. Спектроскопія відбивання і колориметрія для визначення функціонального стану рослин.

Автори: пров. наук. співроб. **Феденко В.С.**,
мол. наук. співроб. Шемет С.А.

19. Постановка вариационных задач для равноканального пластического течения.

Авторы: ассист. **Периг А.В.**,
студ. Матвеев И.А.,
студ. Лимаренко Н.А.

СЕКЦІЯ 3 «НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

Голова секції – д-р. фіз.-мат. наук, проф. Погребняк О.Д.
Секретар секції – асистент Мокренко О.А.

Початок: 19 квітня 2012 р., ауд. ЕТ 105, 13²⁵.

1. Optimized measurements of planarity of the nanostructure surfaces.

Reporter – stud. Holovchenko A.I.
Supervisor – Kippenberg T.J.

2. Properties of In₂O₃-InSe heterostructures with nanostructured oxide.

Reporter – PhD stud. Kudrynskyi Z.R.
Supervisors: prof. Dugaev V.K.,
Dr. Sc. Katerynychuk V.M.

3. Моделювання спектрів екстинкції періодичних наноструктур.

Автор – асп. Колич І.І.
Керівник – проф. Болеста І.М.

4. Фотоэлектрические преобразователи на основе пористого арсенида галлия.

Автор – асп. Кирилаш А.И.
Руководитель – проф. Кидалов В.В.

5. Метод определения размеров наночастиц.

Авторы: студ. **Хандрико М.Н.**,
студ. Бабич Е.В.
Руководитель – доцент Чадюк В.А.

6. Установка для измерения размеров наночастиц.

Авторы: студ. **Лыкова М.А.**,
студ. Кузьмич В.Н.
Руководитель – доцент Чадюк В.А.

7. Телевизионная ультрамикроскопия наночастиц.

Авторы: студ. **Клопенко С.С.**,
студ. Ильчук А.А.
Руководитель – доцент Чадюк В.А.

8. Процессы прохождения пучков заряженных частиц в материальных средах.

Авторы: асп. Пономарева А.А.,
асп. Барсук И.В.,
студ. Остапенко Ю.О.
Руководитель – проф. Воробьев Г.С.

9. Чисельне моделювання джерел електронних пучків в приладах мікрорентгенівської томографії.

Автор – студ. **Дрозденко Д.О.**
Керівник – проф. Воробйов Г.С.

10. Моделирование транспортировки ионного пучка в системе магнитных квадрупольных линз.

Автор – студ. Игнатенко Н.В.
Руководитель – доцент Дрозденко А.А.

11. Свойства металлических периодических структур применяемых в СВЧ технике.

Авторы: студ. Носков Э.П.,
студ. Бондаренко Е.Г.,
студ. Подопрыгора С.А.
Руководитель – ст. преп. Рыбалко А.А.

12. Моделювання спектрів відбивання нітридами на підкладках.

Автор – магістрант **Стеценко М.О.**
Керівники: – проф. Пасічник Ю.А.,
проф. Кідалов В.В.

13. Определение пересыщения при получении конденсатов никеля.

Автор – студ. Наталич В.В.
Руководитель – проф. Перекрестов В.И.

14. Застосування квадратичного розподілу міжкатомних відстаней координаційних сфер аморфних плівок.

Автор – доцент **Ковтуненко В.С.**

15. Врахування дисперсії розподілів міжатомних відстаней атомних сіток аморфного кремнію.

Автори: доц. **Ковтуненко В.С.**,
асп. Іваницька Г.М.

16. Дослідження кінетики активного броунівського руху в рамках формалізма Гамільтона.

Автор – студ. **Сергієнко А.В.**
Керівник – доцент Ющенко О.В.

17. Дослідження дифракційно-черенковського випромінювання на періодичних металодіелектричних структурах.

Автор – асп. Дорошенко Д.Ю.
Керівник – доцент Рубан А.І.

18. Исследование стохастической динамики движения наночастиц.

Автор – асп. **Бадалян А.Ю.**,
студ. Браташ С.А.
Руководитель – доцент Ющенко О.В.

19. Нелінійна теорія пластичної течії в твердих тілах.

Автор – студ. **Троцька Д.С.**
Керівник – доцент Ющенко О.В.

20. Структурообразование пористых систем Ti.

Автор – ассист. Мокренко А.А.

21. Чисельний аналіз моделі відгалужувача на базі діелектричних хвилеводів з металевим екраном.

Автори: студ. **Загайко І.В.**,
студ. Щетініна С.Ю.
Керівник – доцент Кривець О.С.

22. Numerical simulation of the topological structure of the computer networks.

Reporter – stud. Koneva O.
Supervisor – seniour teacher Borisyuk V.

23. Электродинамические свойства связанных открытых резонаторов.

Авторы: асп. Дорошенко Д.Ю.,
студ. Никонец А.Н.
Руководитель – доцент Рубан А.І.

24. Simulation of the Ti coating materials deposition process.

Reporter – stud. Sergienko M.V.
Supervisor – seniour teacher Borisyuk V.M.

25. Формирование конденсатов меди путем продолжительной квазиравновесной конденсации.

Автор – студ. **Белан Ю.В.**
Руководители: доцент Косминская Ю.А.,
проф. Перекрестов В.И.,
доцент Корнющенко А.С.

26. Позиционирование наночастиц на подложке.

Авторы: студ. **Хандрико М.Н.**,
студ. Бабич Е.В.
Руководитель – доцент Чадюк В.А.

27. Статистична польова теорія в рамках базово-деформованого числення.

Автор – асп. Давиденко Т.О.
Керівник – доцент Шуда І.О.

28. Получение сверхтонких металлических пленок на мягких полимерных поверхностях методом магнетронного распыления.

Автор – студ. **Панасенко Е.В.**
Руководители: доцент Косминская Ю.А.,
проф. Перекрестов В.И.,
доцент Корнющенко А.С.

29. Исследование структуры электромагнитных полей, рассеянных на дофрактальных дифракционных решетках в миллиметровом диапазоне волн.

Авторы: студ. **Салогуб А.Н.**
ст. преп. **Кошевой А.Г.**
Руководитель – ст. наук. співроб. Деркач В.Н.

СЕКЦІЯ 4 «ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У МАТЕРІАЛАХ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ»

Голова секції – д-р. фіз.-мат. наук, проф. Проценко І.Ю.
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук Синашенко О.В.

Початок: 17 квітня 2012 р., ауд. Ц 326, 13⁰⁰

1. Структурно-фазовий склад, магнітні та магніторезистивні властивості плівкових систем на основі кобальту і гадолінію.

Автори: асп. Воробйов С.І.,
студ. Шутилева О.В.,
студ. **Гончаренко О.О.**
Керівник – проф. Чорноус А.М.

2. Дослідження плівок, отриманих методом хімічного осадження.

Автори: студ. **Бересток Т.О.**,
доцент Опанасюк Н.М.,
доцент Курбатов Д.І.

3. Визначення ширини забороненої зони плівок селеніду цинку для віконних шарів сонячних перетворювачів.

Автори: мол. наук. співроб. Іващенко М.М.
студ. **Зерніченко А.О.**,
доцент Опанасюк А.С.

4. Дослідження електрофізичних та магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі Со і Ст.

Автори: асп. **Кондрахова Д.М.**,
проф. Проценко І.Ю.

5. Термічний коефіцієнт ГМО тришарової плівкової системи.

Автор – студ. **Шумакова М.О.**
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

6. Методика отримання плівкових наноструктур на основі Al та Cu.

Автори: студ. **Сігало А.О.**,
студ. Шевченко С.І.,
студ. Шуляк О.А.,
асист. Степаненко А.О.

7. Структурно-фазовий стан та електрофізичні властивості плівок платини.

Автори: ст. наук. співроб. Пазуха І.М.,
студ. **Панченко С.А.**

8. Структура та фазовий стан плівкових сплавів на основі Ni і Fe.

Автори: студ. **Шабельник Т.М.**,
асп. Тищенко К.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

9. Тензорезистивні властивості плівкових систем на основі Ag та Co.

Автори: студ. **Дегтярьов Д.О.**,
студ. Пустовіт С.В.,
асп. Макуха З.М.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

10. Тензо- і магніторезистивні властивості плівкових зразків на основі Pd/Fe.

Автори: студ. **Кузнецова А.О.**,
студ. Волкова О.Л.
Керівник – асист. Ткач О.П.

11. Фазовий склад плівок SnS, отриманих методом квазізамкненого об'єму.

Автори: студ. **Папуніцький Ю.І.**
асп. Коваль П.В.,
доцент Опанасюк А.С.

12. Гетерогенні плівки тугоплавких металів як термічно стійкі приладові наноструктури.

Автори: студ. **Кіліб О.С.**,
ст. викл. Бурик І.П.

13. Магніторезистивні властивості тришарових структур на основі Ni і V або Fe і V.

Автори: ст. викл. Гричановська Т.М.,
асп. **Шешеня Л.А.**

14. Magnetooptical properties of granular film systems based on Ag and Co.

Автори: Post-graduate Shabelnyk Yu.M.,
Ph.D., Scientist **Pazukha I.M.**,
Ph.Dr Medyanyk K.M.,
Dr.Sc., Professor Nepijko S.A.

15. Магніторезистивний ефект у тонких плівках на основі сплаву Fe та Ni.

Автори: асп. **Литвиненко Я.М.**,
доцент Шпетний І.О.

16. Дослідження магніто-оптичних властивостей плівкових систем на основі Fe та Co.

Автор – асп. **Федченко О.В.**
Керівник – доцент Проценко С.І.

17. Вплив опромінення високоенергетичними γ -квантами та електронами на електричні властивості *n*-InSe.

Автори: мол. наук. співроб. **Заслонкін А.В.**,
керівник відділення Ковалюк З.Д.,
ст. наук. співроб. Мінтянський І.В.,
ст. наук. співроб. Савицький П.І.,
наук. співроб. Сидор О.М.

18. Порівняння радіаційних стійкостей фотоперетворювачів на базі шаруватих кристалів та кремнію.

Автори: наук. співроб. **Сидор О.М.**,
наук. співроб. Сидор О.А.,
керівник відділення Ковалюк З.Д.,
пров. наук. співроб. Дубінко В.І.

19. Пленочний *p-n* перехід на основі CdS.

Автори: **Джафаров М.А.**,
Мехтиев Р.М.,
Джахангирова С.А.

20. Плівкові сонячні елементи на основі гетеропереходів між сполуками A_2B_6 .

Автори: студ. **Маленко С.М.**,
доцент Опанасюк А.С.

21. Дослідження радіаційної стійкості світловипромінюючих пристроїв.

Автор – асп. **Романова І.І.**,
Керівник – проф. Руденко Н.М.

22. Еволюційні процеси поруваної структури вологочутливої кераміки $MgO-Al_2O_3$.

Автор – доцент **Клим Г.І.**

СЕКЦІЯ 5 **«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»**

Голова секції – канд. фіз.-мат. наук, доцент Однодворець Л.В.
Секретар секції – аспірант Тищенко К.В.

Початок: 17 квітня 2012 р., ауд. Ц 325б, 13⁰⁰

1. Дослідження впорядкованих масивів наночастинок заліза як складової частини сенсорів магнітного поля.

Автори: асп. **Костюк Д.М.**,
асист. Демиденко М.Г.
Керівник – доцент Проценко С.І.

2. Програмне забезпечення для аналізу результатів електронно-графічних досліджень.

Автори: асп. Костюк Д.М.,
асист. **Демиденко М.Г.**
Керівник – доцент Проценко С.І.

3. Автоматизований комплекс для дослідження магнітодеформаційного ефекту в тонкоплівкових матеріалах.

Автори: магістрант **Грищук О.С.**,
асп. Макуха З.М.,
ст. викл. Великодний Д.В.

4. Дослідження робочих характеристик сенсорів освітлення.

Автор – студ. **Вербицький О.В.**
Керівник – асист. Ткач О.П.

5. Дослідження деформаційних характеристик плівок на основі Ni та Fe.

Автор – асп. **Тищенко К.В.**

6. Магніторезистивні властивості приладових плівкових систем на основі Fe та Ge.

Автори: асп. **Власенко О.В.**,
студ. Удод Ю.С.,
доцент Однодворець Л.В.

7. Температурна залежність робочих характеристик біполярних транзисторів.

Автор – студ. **Андрущенко П.С.**
Керівник – доцент Однодворець Л.В.

8. Дослідження вольт-амперних характеристик діодів різного функціонального призначення.

Автори: студ. **Коломієць С.В.**,
студ. Павлюченко Д.І.,
доцент Однодворець Л.В.

9. Обзор методов проектирования маломощных источников опорного напряжения в интегральном исполнении.

Автори: студ. **Пилипенко И.А.**,
студ. Чубенко А.А.
Керівник – проф. Писаренко Л.Д.

10. Пристрій прийому-накопичення даних.

Автор – студ. **Мунасипов О. Г.**,
Керівник – ст. викл. Бондаренко Н.А.

11. Дослідження синтезатора частоти приймально-передавального блоку РЛС.

Автори: студ. **Грамарчук Ю.О**
асп. Петренко В.П.
Керівник – д-р. тех. наук Кобак М.М.

12. Tl_3PbCl_5 – перспективний матеріал для нелінійної оптики.

Автори: магістрант **Стеценко М.О.**,
асп. Данильчук С.П.
Керівник – проф. Пасічник Ю.А.

13. Високочутлива телевізійна камера з накопиченням зображення по кадру.

Автори: студ. **Соверченко Д.В.**,
канд. тех. наук Михайлов С.Р.

14. Моделювання задаючого генератора керованого напругою для синтезатора частот для дослідження рівня фазових шумів.

Автори: студ. **Кейданська В.О.**,
студ. Дорош О.В.,
асп. Петренко В.П.
Керівник – доцент Кобак М.М.

15. Сучасні лінії затримки на ПАХ.

Автор – студ. **Удовенко А.І.**
Керівник – доцент Жовнір М.Ф.

16. Сокращение аппаратных затрат в компьютерных электрокардиографах.

Автори: студ. **Гонтаренко А.А.**,
студ. Таценко В.А.
Керівник – доцент Корнев В.П.

17. Фракціонування вугільних дрібнодисперсних матеріалів методом трибоадгезійної сепарації.

Автори: студ. **Пондор І.С.**
доцент Бордун І.М.

18. Поверхнева обробка пористих матеріалів електрохімічно активованими водними розчинами.

Автори: доцент Бордун І.М.
асп. **Пташник В.В.**,
студ. Садова М.М.,
студ. Велиторська М.В.

19. Перерождение исходных дефектов в процессе создания р-і-п-фотоприемников, обуславливающее S-образность их ВАХ.

Автор – мол. наук. співроб. **Свиридова О.В.**

20. Системи керування світлодіодним освітленням.

Автор – студ. **Заруцька А.Д.**
Керівник – доцент Макаренко В.В.

21. Автоматизированные системы контроля и учета расходов электроэнергии.

Автор – студ. **Дольник А.В.**
Керівник – доцент Макаренко В.В.

22. Розробка приладу на основі імпульсного методу контролю корозійно-механічних пошкоджень обладнання.

Автори: доцент Архипов О.Г.,
студ. **Боярчук О.Г.**,
асп. Ковальов Д.О.

СЕКЦІЯ 6

«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

Голова секції – канд. тех. наук., доцент Лебединський І.Л.
Секретар секції – канд. фіз.-мат. наук, доцент Петровський М.В.

Початок: 20 квітня 2012 р., ауд. М-310, 13⁰⁰.

1. Можливість використання малих гідроелектростанцій на річках Сумщини.

Автори: студ. **Качан М.В.**,
студ. **Кабанов Д.В.**,
асист. Лебедка С.М.

2. Фактори зниження ефективності компенсації ємнісних струмів в електричних мережах 6-10 кВ

Автори: асист. **Лебедка С.М.**,
проф. Вепрік Ю.М.

3. Вирівнювальний механізм для ланцюгових тягових органів транспортуючих машин.

Автори: доцент Муріков Д.В.,
доцент Василега П.О.,
студ. **Шкарупа О.О.**,
студ. Троян М.Ю.

4. Розрахунок сучасної фотоелектричної системи для живлення навчальних приміщень.

Автори: доцент Ноздренков В.С.,
студ. **Іванов О.О.**

5. Визначення втрат на нагрів дефектних з'єднань розподільчих пристроїв на основі даних тепловізійної діагностики обладнання.

Автори: інженер **Титаренко А.В.**,
студ. Федірка С.В.,
студ. **Вольвач Р.С.**,
доцент Петровський М.В.

6. Влияние высших гармоник напряжения на активную мощность электрической цепи.

Авторы: студ. **Дяговченко И.Н.**,
асист. Червякова Л.П.,
доцент Петровский М.В.

7. Устранение отклонения и несимметрию напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ с помощью вольтодобавочных трансформаторов.

Авторы: проф. Федотов А.И.,
асп. **Ахметшин А.Р.**

8. Энергосберегающее устройство на основе таймерного выключателя.

Авторы: асист. Полетаев Д.А.,
асп. **Соколенко Б.В.**,
студ. Марущак Б.А.,
студ. Баша К.А.

9. Збір енергії у системах із наднизьким енергоспоживанням.

Автор – студ. **Ленивий В.В.**

10. Бездротова передача електричної енергії.

Автори: ст. викл. Волохін В.В.,
студ. **Супрунов Д.С.**

11. Энергосбережение в электроприводе.

Автор – студ. **Купцов Д.В.**

12. Энергосбережение в сетях

Автор – студ. **Лайкина Е.В.**

СЕКЦІЯ 7 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

Голова секції – д-р. тех. наук, проф. Борисенко О.А.

Секретар секції – асп. Скордіна О.М.

Початок: 18 квітня 2012 р., ауд. ЕТ 217, 13⁰⁰.

1. Биномиальный цифровой измеритель.

Авторы: проф. Борисенко А.А.,
студ. **Маценко С.М.**

2. Биномиальное сжатие информации в сенсорных сетях.

Авторы: асист. Костель С.В.,
студ. **Рева В.В.**

3. Фибоначчиевый микропрограммный автомат Уилкса.

Авторы: проф. Борисенко А.А.,
студ. **Олейник С.Н.**

4. Метод мультикодовой защиты данных.

Авторы: студ. **Посный С.Н.**,
доцент Кулик И.А.,
ст. преп. Чередниченко В.Б.

5. СПД на основе кода Бауэра.

Авторы: ст. преп. Гриненко В.В.,
ст. преп. Протасова Т.А.,
студ. **Дьяченко А.В.**

6. Нумерация равновесных кодов на основе биномиальных чисел.

Авторы: ст. преп. Протасова Т.А.,
студ. **Пономарчик О.Н.**

7. Цифровой автомат для перебора композиций.

Авторы: ст. преп. Протасова Т.А.,
асп. **Протасова Е.А.**

8. Алгоритм получения классов расширения квазиравновесных кодов.

Авторы: асп. **Скордина Е.М.**,
студ. Савченко Б.В.

9. Оценка аппаратурных затрат двоичных биномиальных счетчиков.

Авторы: проф. Борисенко А.А.,
студ. **Маценко С.М.**

10. Організація потокової передачі відеосигналу через мережу Інтернет.

Автори: доцент Зубань Ю.О.,
асп. **Крючко Є.В.**

11. Применение метода матричного мультиплексирования для передачи многоканального цифрового сигнала.

Авторы: доцент Зубань Ю.А.,
студ. **Знаменщиков Я.В.**

12. Применение резервирования в цифровых устройствах на основе модифицированных биномиальных кодов.

Авторы: ст. преп. Гриненко В.В.,
студ. **Лукьяненко А.О.**

13. Преобразование двоичных кодов в перестановки на основе факториальной системы счисления.

Автор – асп. Горячев А.Е.

14. Система контроля параметров автомобиля с речевым информатором.

Авторы: доцент Новгородцев А.И.,
студ. **Корчан И.Н.**

15. Оценка параметрического состояния автоматизированных производственных процессов.

Авторы: студ. **Рыпун А.М.**,
доцент Новгородцев А.И.

16. Автоматизована електронна система для вимірювання температури та опору.

Автори: студ. Римар Р.Ю.,
студ. **Шутилева О.В.**,
Керівник – доцент Новгородцев А.І.

17. Синтез и оценка помехоустойчивости дешифратора с сумматором единиц.
Автор – асп. Гутенко Д.В.
18. Сжатие информации на основе многозначных биномиальных кодов.
Авторы: проф. Борисенко А.А.,
студ. **Солярова Е.М.**
19. Система обработки трехмерных изображений в телевизионной системе с ССD матрицей.
Авторы: доцент Лопатченко Б.К.,
студ. **Сумцов А.С.**
20. Об особенностях обработки измерительной информации в автоматизированных системах.
Авторы: ст. преп. Арбузов В.В.,
доцент Бережная О.В.,
асист. Червякова Л.П.,
студ. **Смык М.В.**
21. Устройство сжатия равновесных кодов.
Авторы: проф. Борисенко А.А.,
асп. **Иванчук А.В.**
22. Порождение перестановок на основе факториальной системы счисления.
Авторы: проф. Борисенко А.А.,
асп. **Дегтяр С.А.**
23. Нормализация изображения в электронных системах распознавания.
Авторы: доцент Лопатченко Б.К.,
студ. **Сай А.Н.**

СЕКЦІЯ 1

«ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ФОККЕРА-ПЛАНКА ДЛЯ СТОХАСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ЛАНДАУ-ЛИФШИЦА С ПУАССОНОВСКИМ БЕЛЫМ ШУМОМ

Денисов С.И., профессор; Бондарь Е.А., аспирант
Сумский государственный университет

Благодаря внутренним и внешним флуктуациям, которые всегда присутствуют в реальных системах, динамика магнитного момента однодоменных ферромагнитных наночастиц в той или иной степени является случайной. В случае если в иерархии взаимодействий атомных магнитных моментов обменное взаимодействие является преобладающим, эта динамика может быть описана стохастическим уравнением Ландау-Лифшица, в котором указанные флуктуации моделируются шумами с заданными статистическими свойствами. Данный подход широко используется при изучении роли тепловых флуктуаций, аппроксимируемых *гауссовским* белым шумом. В этом приближении динамика магнитного момента оказывается марковской, а его условная плотность вероятности удовлетворяет обыкновенному уравнению Фоккера-Планка в угловых переменных [1].

Очевидно, стохастическое уравнение Ландау-Лифшица может быть использовано для изучения статистических свойств магнитного момента и в случае *негауссовских* белых шумов. Однако, хотя такие шумы могут более адекватно учитывать влияние окружающей среды, ранее эта проблема не рассматривалась.

В данной работе представлен первый этап решения этой проблемы – вывод обобщенного уравнения Фоккера-Планка для плотности вероятности того, что магнитный момент частицы имеет заданную ориентацию – в случае белого шума Пуассона. Он осуществлен в рамках общего подхода [2], который позволяет получить обобщенное уравнение Фоккера-Планка непосредственно из стохастического уравнения движения, содержащего произвольный белый шум.

1. W.T. Coffey, Yu.P. Kalmykov, J.T. Waldron, *The Langevin Equation, 2nd ed.* (Singapore: WorldScientific: 2004).
2. S.I. Denisov, W. Horsthemke, P. Hänggi, *Eur. Phys. J. B* **68**, 567 (2009).

LONG-TIME SOLUTIONS OF DECOUPLED CONTINUOUS-TIME RANDOM WALKS WITH ASYMMETRIC HEAVY-TAILED JUMP LENGTH DISTRIBUTIONS

Denisov S.I., *professor*; Bystrik Yu.S., *student*
Sumy State University

Continuous-time random walks (CTRWs) form an important class of jump processes that are characterized by two random variables, namely, the waiting time between successive jumps and the jump magnitude of the walking particle. Since these variables are typical for variety of natural phenomena, CTRWs represent a powerful and flexible tool for studying stochastic systems. The reference walks are especially useful for modeling a wide range of natural phenomena that demonstrate anomalous average behavior. In particular, the CTRW approach is employed for describing anomalous diffusion characterized by the mean-square displacement that grows non-linearly with time [1].

One of the most important statistical characteristics of CTRWs is the limiting (in time) probability density of a properly scaled walker position. This quantity has recently been obtained for the CTRWs characterized by superheavy-tailed waiting time distributions (that have infinite moments of any fractional order) and jump length distributions with finite second moment [2] and symmetric heavy tails (whose first and/or second moments are infinite) [3]. In present work we concern ourselves with the limiting densities for the CTRWs described by superheavy-tailed waiting time distributions and *asymmetric* heavy-tailed jump length distributions. We show that these densities are either the one-sided exponential or one-sided/two-sided heavy-tailed densities. The main properties of the limiting probability densities are established and several representation forms for them are proposed. Also, we have performed numerical simulations of this type of random walks and have shown that the numerical results are in excellent agreement with our theoretical predictions.

1. R. Metzler, J. Klafter, *Phys. Rep.* **339**, 1 (2000).
2. S.I. Denisov, H. Kantz, *Phys. Rev. E* **83**, 041132 (2011).
3. S.I. Denisov, S.B. Yuste, Yu.S. Bystrik, H. Kantz, K. Lindenberg, *Phys. Rev. E* **84**, 061143 (2011).

ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО МОМЕНТА В ЦИРКУЛЯРНО-ПОЛЯРИЗОВАННОМ ПОЛЕ

Лютый Т.В., *доцент*
Сумский государственный университет

Поиск новых способов нагревания ферромагнитных наночастиц является важной задачей с точки зрения усовершенствования современного метода терапии раковых опухолей – магнитной гипертермии [1]. В литературе рассматривались три механизма нагревания наночастицы в переменном магнитном поле [2]: 1) вследствие вязкого трения при механическом вращении всей частицы; 2) вследствие диссипативного движения магнитного момента неподвижной частицы; 3) нагревание частицы токами Фуко. При этом в качестве механизма, имеющего непосредственную прикладную ценность, рассматривался именно первый. В то же время, в ряде недавних экспериментальных работ (см., например, [3]) указывается на необходимость учета потерь энергии за счет прецессии магнитного момента.

Целью настоящей работы является нахождение выражения для потерь энергии за один период для магнитного момента одноосной ферромагнитной наночастицы во вращающемся магнитном поле. В отличие от подхода, предложенного для решения данной задачи в приближении анизотропной частицы [4], здесь искомая величина находилась интегрированием результатов скалярного произведения обеих частей уравнения Ландау-Лифшица и эффективного магнитного поля. В результате удалось получить точное выражение для энергии магнитного момента для случая однородной прецессии, а также уравнение в квадратурах, описывающее эту величину для неоднородной прецессии.

Анализ выражения для однородной прецессии показал, что поглощаемая энергия резонансным образом зависит от частоты поля, а также определяется направлением поляризации вращающегося поля, что показывает преимущество использования именно вращающегося магнитного поля относительно линейно-поляризованного для нагревания наночастиц.

1. A. Jordan, et al., *J. Magn. Magn. Mater.* **201**, 413 (1999).
2. R.E. Rosensweig, *J. Magn. Magn. Mater.* **252**, 370 (2002).
3. X. Zhang, et al., *Biomed. Eng.: App. Bas. C.* **22**, 393 (2010).
4. P.F. de Chatel, et al., *J. Phys.: Condens. Matter* **21**, 124202 (2009).

ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ НАНОЧАСТИЦЫ В ОТСУТСТВИЕ ОДНОРОДНОЙ ПРЕЦЕССИИ МАГНИТНОГО МОМЕНТА

Лютый Г.В., доцент; Поляков А.Ю., аспирант
Сумский государственный университет, г. Сумы

Динамика магнитного момента одноосной ферромагнитной наночастицы в циркулярно-поляризованном поле может иметь как однородный, так и неоднородный режимы [1]. При этом только однородный режим является аналитическим. В случае же присутствия постоянного поля, направленного под некоторым углом к легкой оси частицы, движение магнитного момента становится нерегулярным.

Эти факты актуализируют вопросы о величине диссипации энергии магнитного момента в магнитных полях такого рода. В частности, необходимо проверить возможность скачкообразного увеличения величины поглощаемой энергии при переходе из однородного режима в неоднородный, а также предсказанное теоретически влияние постоянного поля на эту величину. В силу неаналитичности динамики, нахождение этой энергии возможно лишь численным образом. Для решения этой задачи было разработано приложение в среде C++ Builder 6.0, которое в процессе численного решения уравнения Ландау-Лифшица для различных параметров частицы позволяет подсчитывать приращение энергии на каждом шаге алгоритма.

Результаты моделирования позволили установить следующее.

1. Вопреки интуитивным ожиданиям, изменение режима прецессии не приводит к скачкообразному изменению поглощаемой энергии независимо от амплитуды нутаций магнитного момента. Данный результат согласуется с полученным ранее отсутствием скачка величины среднего времени жизни магнитного момента при изменении режима [2].
2. Наличие постоянного поля, перпендикулярного к легкой оси, действительно может обуславливать рост поглощаемой энергии, особенно для частот, далеких от резонансной. Однако за счет нерегулярности траектории магнитного момента, величина поглощаемой энергии имеет нерегулярную зависимость от частоты и амплитуды вращающегося поля. Также была численно подтверждена правильность аналитических расчетов для однородной прецессии.

1. T.V. Lyuty, et al., *J. Phys.: Condens. Matter* **21**, 396002 (2009).
2. S.I. Denisov, et al., *Phys. Rev. B* **84**, 174410 (2011).

РАВНОВЕСНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОЖИДКОСТЕЙ В УЗКИХ СОСУДАХ

Рева В.В., студент, Поляков А.Ю., аспирант, Лютыи Т.В., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Описание свойств феррожидкостей сопряжено с рядом важных прикладных и чрезвычайно интересных академических задач. В силу наличия дальнедействующего дипольного взаимодействия как динамику намагниченности, так и перемещение частиц в жидкости возможно описать лишь численно. В качестве метода моделирования был выбран метод молекулярной динамики, который уже с успехом применялся для описания феррожидкостей [1].

Поступательная динамика каждой частицы описывалась с помощью второго закона Ньютона с учетом дипольного взаимодействия, взаимного отталкивания, которое было задано потенциалом Леннарда-Джонса, вязкого трения, сил тяжести, Архимеда, а также, взаимодействия с термостатом, которое задано белым гауссовским шумом. Вращательная динамика магнитного момента наночастицы описывалась основным уравнением вращательного движения с учетом действия дипольных полей, вязкого трения и действия термостата. Ввиду малого времени релаксации намагниченности к легкой оси, магнитная динамика в расчет не принималась, и считалось, что все магнитные моменты направлены вдоль легких осей. Система полученных дифференциальных уравнений решалась с путем параллельных вычислений в рамках технологии CUDA [2].

В отличие от известных ранее результатов, данное исследование сфокусировано не на изучении свойств больших объемов феррожидкости, а, наоборот, на изучение влияние размерных и граничных эффектов на равновесные свойства ансамбля. Такая постановка задачи обусловлена связью с современным методом терапии – таргетированной доставкой лекарств. В частности, в работе обсуждается влияние формы сосуда, концентрации частиц и их параметров на магнитную восприимчивость, анизотропные эффекты в восприимчивости, обусловленные формой сосуда.

1. Z. Wang, C. Holm, H.W. Muller, *Phys. Rev. E* **66**, 021405 (2002).
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/CUDA>.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА БАРНСА-ХУТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФЕРРОЖИДКОСТИ

Поляков А.Ю.¹, аспирант; Люты́й Т.В.¹, доцент;

Денисов С.², старший научный сотрудник

¹Сумский государственный университет, г. Сумы

²Университет Аугсбурга, г. Аугсбург

Феррожидкость – это коллоидная система, состоящая из ферромагнитных наночастиц и жидкого носителя. Такие системы имеют важное прикладное значение в технике и медицине. В силу наличия дальнедействующего дипольного взаимодействия описание свойств таких объектов возможно произвести лишь численно. Однако сам процесс моделирования осложнён требованиями к вычислительной мощности компьютера. Это является следствием того, что необходимо учитывать взаимодействие всех частиц между собой. Время счета в этом случае определяется как $O(N^2)$, где N – число частиц в моделируемой системе.

До недавнего времени для моделирования достаточно больших объемов феррожидкости необходимо было прибегать к использованию суперкомпьютеров, либо распределенных и кластерных вычислений. Однако с появлением технологии CUDA для параллельных вычислений на GPU, подобные задачи можно решать с помощью обычного персонального компьютера.

Алгоритм Барнса-Хута [1] со временем счета $O(N \log N)$ позволяет существенно сократить время расчета дипольных полей. Суть этого алгоритма в декомпозиции всего объема системы в виде дерева, узлами которого являются ячейки с множеством частиц, а листьями – ячейки с одной частицей или пустые ячейки. Для каждого узла дерева рассчитывается суммарный магнитный момент и центр намагниченности. Уменьшение времени счета достигается за счет замещения вычисления воздействия каждой частицы на некоторую рассматриваемую частицу, вычислением воздействия на нее группы частиц в случае их достаточной отдаленности.

Для $N = 10^6$ частиц совместное применение вышеописанного алгоритма и технологии CUDA (Tesla M2050) дает уменьшение времени счета в 63000 раз по сравнению с алгоритмом прямого расчета всех дипольных полей для CPU (Intel Xeon x5670 @2.97GHz).

1. J. Barnes, P. Hut, *Nature* **324**, 446 (1986).

ДЕКОМПОЗИЦІЯ СКЛАДНОГО КОНТУРА ЧИСЕЛЬНИМИ ТА ЕВРИСТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Третяк А.О., студент; Шовкопляс О.А., ст. викл.;
Лопаткін Ю.М., професор
Сумський державний університет

Проведена робота з удосконалення авторської програми аналізу апаратурного спектра та запропонований новий підхід до вирішення задачі декомпозиції.

Вихідні дані отримують у вигляді дискретного оптичного спектра. Використання чисельних методів для вирішення поставленої задачі передбачає апроксимацію результатів експерименту деякою функцією. Залежно від мети дослідження та накладених вимог точності обробки спектральної інформації програма дозволяє вибрати один із методів подальшої роботи (поліноміальна апроксимація, наближення раціональними функціями, сплайнами тощо). За наявності аналітичного спектра проводиться математична процедура пошуку індивідуальних компонент із використанням лінійного методу найменших квадратів (МНК) для підбору їх характеристик. Внесені зміни в основний функціонал програми дозволяють аналізувати апаратурний контур в системі “частота – екстинкція”, використовуючи гауссівську форму смуг.

Програмний додаток доповнився новою розробкою, яка забезпечує стійку достатню ефективність генетичного пошуку багатопараметричної задачі. Експериментатору надається можливість порівняти традиційний підхід із результатами, отриманими за допомогою генетичних алгоритмів (ГА). Евристичний метод моделює еволюцію в природі, основний механізм якої – природний відбір. Користуючись прийнятою термінологією, кожна “особина” певного “виду” являє собою один із можливих розв’язків поставленої задачі. Від покоління до покоління особини видозмінюються, схрещуються та стають більш “приспосованими”. У роботі досліджено умови, за яких бажано надати перевагу ГА для ефективності процедури оптимізації. Залучення додаткової напівемпіричної інформації про досліджуваний об’єкт може суттєво вплинути на вибір методу розв’язання.

Програма апробована при обробці коливальних спектрів полімерних шарів із комплексом $\text{Cl}(\text{HgNH}_3)_4\text{Cl}$.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО РАЗБРОСА И СТОЛКНОВЕНИЙ НА УСИЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ СИСТЕМЕ, ПОМЕЩЕННОЙ В ПЕРИОДИЧЕСКИ РЕВЕРСИВНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Кулиш В.В., *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;
Коваль В.В., *ст. преп.*; Колоскова А.А., *студентка*
Сумский государственный университет

Рассматриваем модель, в которой электронный релятивистский пучок проходит через плазму, которая находится в периодически реверсивном поперечном магнитном поле. Вдоль оси направлено фокусирующее магнитное поле. Циклотронная электромагнитная волна, которая подается на вход системы, в результате параметрического трехволнового резонанса между полями циклотронной волны и поперечного магнитного поля возбуждает продольную волну пространственного заряда. Параметры выбираем так, чтобы из-за эффекта плазменно-пучковой неустойчивости волна пространственного заряда характеризовалась максимальным инкрементом нарастания. Динамика электромагнитных процессов в такой системе для холодного электронного пучка и в случае отсутствия столкновений была проанализирована в работе [1]. Было показано, что благодаря использованию дополнительного усиления продольных волн за счет плазменно-пучковой неустойчивости, имеет место исключительно высокий уровень усиления электромагнитной волны. При этом также интенсивно возбуждаются высшие гармоники волн.

В представленной работе проведен анализ влияния теплового разброса электронов и столкновения электронов пучка с плазмой на коэффициент усиления электромагнитной волны. Было получено, что рассмотренные эффекты снижают уровень усиления, было выяснена область параметров системы, когда можно пренебрегать тепловым разбросом и столкновениями. Проанализировано влияние таких эффектов на возбуждение высших гармоник. Получены критерии, когда высшие гармоники являются когерентными.

1. В.В. Кулиш, А.В. Лысенко, В.В. Коваль, *Радиофизика и электроника* **14**, 383 (2009).

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ РЕЗОНАНСЫ В ПРОЛЕТНОЙ СЕКЦИИ ДВУХПОТОКОВОГО СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

Кулиш В.В., *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;
Ромбовский М.Ю., *ассистент*; Смирнова К.В., *студентка*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Рассматриваем модель пролетной секции двухпотокового лазера на свободных электронах, в которой двухскоростной электронный пучок, состоящий из двух парциальных, является зарядово-скомпенсированным, «холодным» и релятивистским. Полагаем, что пучок является достаточно широким. Поэтому влиянием границ на процессы взаимодействия волн пренебрегаем. Парциальные пучки характеризуются близкими скоростями и одинаковыми плазменными частотами.

Как показал анализ, в двухскоростном электронном пучке возможно возбуждение семи типов волн пространственного заряда. Поэтому в такой системе реализуется множество вариантов взаимодействий между гармониками различных типов волн. В работе проведена классификация и кинематический анализ всех возможных вариантов трехволновых параметрических резонансных взаимодействий. Выявлены типы взаимодействий. Ряд исследуемых вариантов параметрических резонансных взаимодействий имеют множественный характер – одновременно в трехволновом параметрическом резонансе участвуют десятки и больше связанных друг с другом гармоник.

Построена мультигармоническая кубически-нелинейная теория множественных параметрически резонансных взаимодействий в двухскоростном релятивистском электронном пучке. Показано, что параметрические резонансы оказывают существенное влияние на развитие физических процессов в исследуемой системе. Предложено использовать изученные режимы для формирования широкого мультигармонического спектра волн в двухпотоковой электронной системе, а также для кластерных двухпотоковых супергетеродинных лазеров на свободных электронах.

СПІНОВИЙ ТРАНСПОРТ В НАНОСИСТЕМАХ ЗІ СПІН-ОРБІТАЛЬНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ РАШБИ

Іванов В.І.¹, *м.н.с.*; Дугаєв В.К.^{1,2}, *професор*;
Дирдал А.³, *аспірант*; Барнаш Й.³, *професор*

¹ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича,
Чернівецьке відділення, м. Чернівці

² Department of Physics, Rzeszów University of Technology, Rzeszów

³ Department of Physics, Adam Mickiewicz University, Poznań

В дослідженні особливостей спінового транспорту в квантоворозмірних системах все ще залишається багато невивчених, або не до кінця зрозумілих місць, що надає достатньо чистого поля для подальших експериментальних і теоретичних розробок. Особливу увагу привертає до себе питання ролі спін-орбітальної взаємодії в тих чи інших динамічних процесах та фізичних явищах [1].

В представленій роботі розглядається динаміка носіїв заряду в намагніченому двомірному електронному газі, що містить спін-орбітальну взаємодію типу Рашби та домішкові атоми. За допомогою методики Келдиша для нерівноважних функцій Гріна [2], знайдено загальний вигляд кінетичного рівняння при нульовій температурі в системі з добре розділеними спіновими поверхнями Фермі.

Провівши відповідні розрахунки, ми отримаємо повну систему рівнянь відносно спінових компонент функцій Гріна. При цьому припускалося, що розсіювання на домішках є незалежним від спінового напрямку. Числові розрахунки проводилися в стаціонарному просторово-однорідному випадку. Було знайдено розв'язки системи рівнянь, використовуючи які отримано вирази для різних компонент зарядового та спінового струмів. Також, побудовано залежності аномальної холлівської та спінової провідностей від різних параметрів структури (постійна спін-орбітальної взаємодії Рашби, величина магнітного поля, час спінової релаксації, положення хімічного потенціалу).

1. M.M. Glazov, E.Ya. Sherman, V.K. Dugaev, *Physica E* **42**, 2157 (2010).
2. Л.В. Келдыш, *ЖЭТФ* **47**, 1515 (1964).

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ 1S_0 МУЛЬТИПЛЕТА ПРАЗЕОДИМА ВО ФТОРИДАХ

Гуринович Я.А., студентка; Дунина Е.Б., доцент;

Корниенко А.А., профессор

Витебский государственный технологический университет, г. Витебск

Спектроскопические свойства кристалла LaF_3 , активированного ионами трехвалентного празеодима хорошо изучены [1]. Однако интерес к этому кристаллу снова возрос после экспериментального измерения времени жизни мультиплета 1S_0 [2]. Дело в том, что это самый высоко расположенный мультиплет конфигурации $4f^2$. Его энергия составляет 48300 см^{-1} . Он ближе всего из всех мультиплетов расположен к возбужденной конфигурации противоположной четности $4f5d$ и конфигурации с переносом заряда. Поэтому влияние этих возбужденных конфигураций на время жизни 1S_0 мультиплета и коэффициенты ветвления люминесценции с него должно быть очень существенным. В работе [2] выполнен более детальный, чем в теории Джадда-Офельта, анализ влияния возбужденной конфигурации $4f5d$ на время жизни. Однако роль конфигурации с переносом заряда (эффектов ковалентности) осталась не выясненной. В связи с этим в данной работе выполнено исследование роли как конфигурации $4f5d$ так и эффектов ковалентности.

Расчет времени жизни выполнен с помощью модифицированной теории Джадда-Офельта, разработанной в работе [3]. Вычисленное время жизни 580 нс находится в хорошем согласии с экспериментальным значением 721 нс. Влияние эффектов ковалентности оказалось менее существенным, чем в оксидных кристаллах. В модифицированной теории интенсивностей наряду с хорошим описанием времени жизни одновременно достигнуто хорошее описание интенсивностей всех наблюдаемых абсорбционных переходов.

1. W.F. Krupke, *Phys. Rev. B.* **145**, 325 (1996).
2. D. Wang, S. Huang, et. al, *Physica B.* **387**, 86 (2007).
3. A.A. Kornienko, A.A. Kaminskii, E.B. Dunina, *Phys. Status Solidi.* **157**, 267 (1990).

СЕКЦІЯ 2

«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА КОНФОРМАЦИЮ МОЛЕКУЛЫ ДИФЕНИЛА

Шовкопляс О.А.¹, *ст. преп.*; Лопаткин Ю.М.¹, *профессор*;

Кондратенко П.А.², *профессор*

¹Сумский государственный университет

²Национальный авиационный университет, Киев

В продолжение работы [1] исследована потенциальная поверхность одной из замещённых молекул дифенила при различной величине электрического поля ($-0,025 \leq E \leq 0,025$ а.е.), направленного вдоль основной оси молекулы, и углах поворота фенильных колец относительно друг друга ($20^\circ \leq \varphi \leq 160^\circ$).

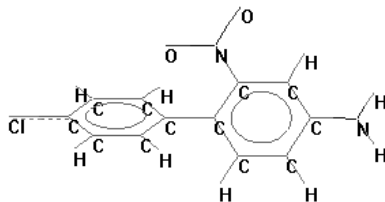
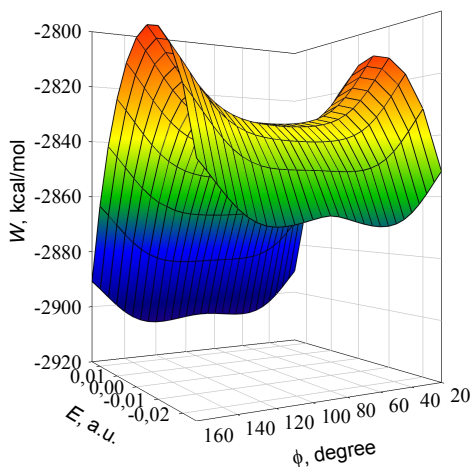


Рисунок 1 – Влияние электрического поля на потенциальную поверхность молекулы при разных углах поворота

При изменении полярности продольного поля дипольный момент молекулы изменяется более, чем на $30 D$.

Поперечное электрическое поле приводит к смещению минимума энергии на величину угла до 50° .

1. А.В. Дмитриев, А.Ю. Голубев, Ю.М. Лопаткин, П.А. Кондратенко, ФЕЕ-2011, 36 (Суми: СумДУ: 2011).

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ РОСТУ ЗГУСТКІВ Ag, СТВОРЕНИХ ЛАЗЕРНИМ СВІТЛОМ РІЗНИХ ДОВЖИН ХВИЛЬ НА МІКРОКРИСТАЛАХ AgBr

Півень Олександр Б.¹, *асистент*; Півень Олег Б.¹, *доцент*;
Лопаткін Ю.М.², *професор*

¹Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

²Сумський державний університет, м. Суми

В процесі одержання наночастинок срібла при відновленні його іонів у водних розчинах виразно оптичним методом фіксуються декілька проміжних стадій перетворення, при яких формуються позитивно заряджені і нейтральні кластери (частинки, що включають від двох до десятків атомів металу). Це дозволяє використовувати його як модельний об'єкт для досліджень механізму формування наночастинок металів і природи проміжних кластерів [1].

Проявлювальні центри прихованого зображення (ЦПЗ), як кристалічні частинки срібла, являються основними носіями інформації в фотографії. Механізм утворення ЦПЗ і досі повністю ще не досліджений. Детальний механізм виникнення стрижневидних частинок доки залишається ще неясним. В даній роботі вважалось доцільним дослідити кінетику росту згустків Ag в МК AgBr для проміжку часу 10^{-5} -0,5 с для позитивного лазерного ефекту Гершеля фотоемulsії СП-1 (чутлив. 6 од.) при засвічуванні їх лазерним світлом для різних довжин світлових лазерних хвиль і потужностей ($\lambda = 490$ нм, $P = 10$ мВт; $\lambda = 633$ нм, $P = 10$ мВт; $P = 2,5$ мВт, $P = 0,98$ мВт; $\lambda = 850$ нм, $P = 10$ мВт; $\lambda = 325$ нм, $P = 3$ мВт) і встановлено, що на ріст згустків Ag ефективніше впливає потужність лазерного світла, ніж енергія квантів. Результати модельних розрахунків узгоджуються із положеннями теорії, а також з результатами робіт [2, 3].

1. В.С. Поликарпов, Автореф. дис. д-ра филос. наук: 09.00.08 / Моск. гос. пед. ин-т, 35 с. (1985).
2. J.D. Shore, D. Perchak, Y. Shnidman, *J. Chem. Phys.* **113**, 6276 (2000).
3. Б.Т. Півень, О.Б. Півень, *Вісник черкаського університету* **5**, 145 (1998).

СПЕКТРАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛІВОК $Zn_xMn_{1-x}S$

Пекутовський Є.М., студент; Климов О.В., аспірант
Сумський державний університет, Суми

Напівмагнітний твердий розчин $Zn_xMn_{1-x}S$ привертає увагу дослідників як перспективний матеріал мікро- та оптоелектроніки, геліоенергетики і спінтроніки.

Плівки твердих розчинів $Zn_xMn_{1-x}S$ були отримані на неорієнтованих скляних підкладках методом квазізамкненого об'єму у вакуумній установці ВУП-5М. Температура підкладки (T_s) при нанесенні конденсатів змінювалася в інтервалі від 373 К до 723 К, температура випарника складала $T_e = 1473$ К. Конденсати отримувалися випаруванням шихти напівпровідникової чистоти з вмістом марганцю близько 7%. Спектри пропускання плівок $Zn_xMn_{1-x}S$ в інфрачервоній (ІЧ) області вимірювалися за допомогою Фур'є-спектрометра Bruker IFS66 в діапазоні $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ при кімнатній температурі (рис. 1).

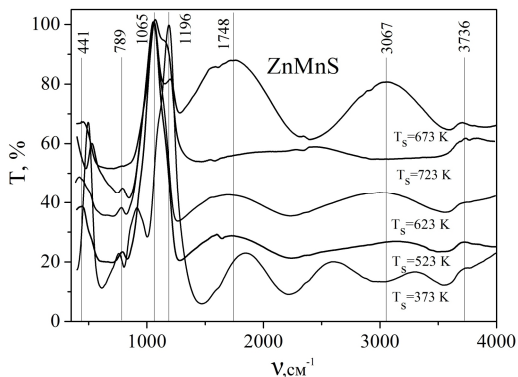


Рисунок 1 – Експериментальні ІЧ спектри плівок $Zn_xMn_{1-x}S$

З рисунка видно, що спектри пропускання шарів мають складний характер з декількома піками розташованими при $\nu = 441, 789, 1065, 1196, 1748, 3067$ та 3736 см^{-1} . Їх положення використано для визначення товщини плівок та аналізу вмісту домішок.

Керівник: Опанасюк А.С., доцент

ВКЛАД ГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ В ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Колупаев Б.Б., *н.с.*; Клепко В.В., *профессор*;

Лебедев Е.В., *академик НАН Украины*

Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины,
отдел физики полимеров, г. Киев

Наночастицы металла вводили в ПВХ, ПММА и ПС в $T-p$ режиме с помощью взрыва медного проводника высокоинтенсивным электрическим полем. Согласно гипотезе Максвелла рассчитаны величины удельной проводимости γ граничного слоя и его относительной диэлектрической проницаемости ε . В области $(0,1 \geq \varphi \geq 0)$ об.% Си величина $\gamma_C > \gamma$ и это различие наиболее существенно в диапазоне $(0,08 \geq \varphi \geq 0,06)$ об.%. Возрастание величины $\varepsilon = F(\varphi)_T$ также носит нелинейный характер. По величине плотности разрядного тока определена дополнительная емкость системы, что позволило рассчитать время максвелловской релаксации композита τ_M . Используя модель ПКМ, проанализирован процесс электропроводности материала с учетом γ , γ_C , ε и ε_C . При этом проведен расчет удельного заряда неравновесных и равновесных его носителей в композите. Оказалось, что $\tau_M \gg t$ (где t – время прохождения носителями тока расстояния между наночастицами наполнителя) во всем диапазоне $(0,1 \geq \varphi \geq 0,05)$ об.% содержания наполнителя в материале. На основании распределения напряженности электрического поля между наночастицами и соотношения величин τ_M , t сделан вывод о том, что для режимов, удовлетворяющих условию $U \gg kT \cdot q^{-1}$ (где U – приложенное напряжение; q – величина неравновесного заряда; T – температура; k – постоянная Больцмана), диффузионной составляющей тока по сравнению с дрейфовой можно пренебречь.

ДИССИПАЦИЯ ЭНЕРГИИ УЗ-ВОЛН В ГИБКОЦЕПНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТАХ

Левчук В.В., *ст. преп.*; Колупаев Б.С. *профессор*;
Волошин О.М., *профессор*

Ровенський державний гуманітарний університет, г. Ровно

Акустические методы исследования все более широко используются для определения структуры и свойств твердых тел. Однако, несмотря на актуальность вопроса, в полимерных композиционных материалах в полной мере они еще не используются для исследования комплекса их свойств.

С целью ликвидации этого недостатка в работе проведены исследования на частоте 0,4 МГц диссипативных потерь и скорости распространения продольных и сдвиговых волн в системах, полученных на основе гибкоцепных полимеров.

Полимерными матрицами выбраны ПВХ и ПС, наполненные высокодисперсными порошками меди (Cu), вольфрама (W) дисперсностью $(13 \div 17 \cdot 10^{-6})$ м. Образцы получали в $T-p$ режиме при концентрации наполнителей $(0 \div 50)$ об.%. и исследовали в температурном диапазоне $293K \leq T \leq T_g$.

Установлено, что потери энергии при продольных и сдвиговых деформациях тела зависят от типа полимерной матрицы, наполнителя и его содержания в системе, а также температуры. Исследование зависимости действительной и мнимой части модулей упругости материала показало, что высокодисперсный наполнитель вызывает также существенное (в 2÷3 раза) изменение акустического сопротивления среды.

Отмечен релаксационный характер вклада структуры системы в величину модулей упругости, а при выполнении условия максимального значения диссипации энергии квазиупругие модули уменьшаются на 3-4 десятичных порядка, при этом коэффициент Пуассона находится в диапазоне 0,33÷0,37.

Рассчитана резонансная частота колебаний высокодисперсных наполнителей и показано, что по мере увеличения содержания наполнителей ее величина уменьшается. Сделан вывод о возможном применении композитов.

ДИЕЛЕКТРИЧНА РЕЛАКСАЦІЯ ГЕТЕРОГЕННИХ ПОЛІМЕРНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ГНУЧКОЛАНЦЮГОВИХ ПОЛІМЕРІВ

Ляшук Т.Г., *викл.*; Касаткін В.Г., *ст. викл.*

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Одним із перспективних напрямів фізики полімерів являється дослідження електрофізичних властивостей полімерних наноконпозицій, отриманих під дією інтенсивних взбурень.

Відповідно, представлені результати досліджень електропровідності гетерогенної полімерної системи (ГПС), отриманої на основі гнучколанцюгових полімерів (ПВХ, ПС, ПММА), що містить нанопорошки металів. Наночастинки металів вводили в дисперсну фазу полімера методом електричного вибуху провідника, закорочуючи його на батарею конденсаторів ємністю 50 мкФ при напрузі 10 кВ. Вміст частинок наповнювача варіювали в діапазоні $(0 \div 0,1)$ об.%. Досліджувані зразки полімерних композиційних матеріалів отримували в $T-p$ режимі, який забезпечував монолітність матеріалу. Діелектричні властивості ГПС ε' , ε'' , $\text{tg}\delta$ досліджували за допомогою моста Р 5083 при частоті змінного електричного струму $\nu(1,0 \div 100,0)$ кГц.

Показано, що при дії зовнішнього змінного електричного поля частоти $\nu(1,0 \div 100,0)$ кГц в композиційному матеріалі, який містить $(0,05 \leq \varphi \leq 0,1)$ об.% нанодисперсної міді, спостерігається нелінійна залежність величин $\varepsilon' = f(\varphi, \nu)$, $\text{tg}\delta = \psi(\varphi, \nu)$. Встановлено, що при $\varphi \geq 0,06$ об.% відбувається інтенсивне формування топології дисперсної фази і збільшення вкладу граничних шарів у формування властивостей композиту.

Зроблено висновок про те, що шляхом регульованого вмісту нанонаповнювача в ГПС можна отримувати матеріали з прогнозованими електрофізичними властивостями.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПВХ, НАПОЛНЕННОГО ДИСПЕРСНЫМ Fe_3O_4

Демчук В.Б., преп.; Сидлецкий В.А., профессор;
Машенко В.А., доцент

Ровенский государственный гуманитарный университет, м. Ровно

Большой интерес представляют исследования направленного регулирования процессов структурообразования в полимерах с помощью высокодисперсных ферромагнитных наполнителей, а также силовых полей. Исследовали влияние высокодисперсных порошков Fe_3O_4 и магнитного поля (МП) на электрические свойства композитов на основе ПВХ. Методом механического смешивания полимера с наполнителем с дальнейшим формированием смесей в $T-p$ режиме и последующим охлаждением до 293 К готовили композиции двух типов: при наложении МП индукцией 0,2 Тл и без него.

Измерения емкости, сопротивления и $\text{tg}\delta$ проводили с помощью моста переменного тока Р 5083 и по их значению проводили расчет действительной части диэлектрической проницаемости ϵ' , диэлектрических потерь ϵ'' и удельного электрического сопротивления ρ .

Результаты исследований зависимости ϵ' , ϵ'' и ρ от концентрации наполнителя для двух типов композиций показали, что их величина зависит от наличия магнитного поля в процессе формирования структуры. Для ПВХ-систем, сформированных в МП, значения ϵ' во всем диапазоне концентраций наполнителя выше соответствующих значений ПВХ-композиций, сформированных без МП, что можно объяснить изменением пространственного размещения частиц наполнителя в композициях под действием магнитного поля и, соответственно, стереометрического распределения граничных шаров возле частиц наполнителя.

Экспериментальные значения диэлектрических потерь ПВХ-систем показывают, что величина ϵ'' во всей области концентраций наполнителя для композиций, сформированных в магнитном поле, больше, нежели для соответствующих систем без МП. При этом отметим, что разность $\Delta\epsilon''$ между значениями величины ϵ'' для композиций, сформированных в МП и без него, возрастает с увеличением содержания Fe_3O_4 в системах. Значения удельного сопротивления ПВХ-композиций показывают, что во всем диапазоне концентраций наполнителя композиции, сформированные в МП, имеют меньшее значение величины ρ .

ПАРАМЕТРЫ КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРЫ НАПОЛНЕННЫХ И ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ

Сидлецкий В.А., профессор; Демчук В.Б., преп.

Ровенский государственный гуманитарный университет, г. Ровно

Применение модели кластерной структуры аморфных полимеров предусматривает оперирование различными параметрами, непосредственно связанными с физическими характеристиками материалов.

Исследовалось поведение относительной доли кластеров в объеме полимерной композиции ($\varphi_{кл}$) и критического индекса перколяционной сетки термических кластеров (β_T).

Объектами исследований были полимерные системы, полученные на основе поливинилхлорида (ПВХ) путем наполнения мелкодисперсными частицами вольфрама (W) и оксида железа (Fe_3O_4), а также пластифицированные дибутилфталатом (ДБФ). Для изучения влияния внешних силовых полей исследовали композиции двух типов: без силовой обработки и с приложением внешнего электрического поля (композиции ПВХ+W и ПВХ+ДБФ) и магнитного поля (в композициях ПВХ+ Fe_3O_4).

Установлено, что величины, характеризующие области локального порядка зависят как от типа и количества низкомолекулярных ингредиентов, так и от способа формирования структуры композитов. Для металлонаполненных композиций наблюдается монотонное возрастание относительной доли кластеров в структуре полимерной матрицы во всей области концентраций. При этом приложение внешнего электрического поля усиливает эту тенденцию (начиная с 1,5 об.% W), в то время как действие магнитного поля имеет противоположный характер. Особенно это проявляется, начиная с 5 об.% оксида железа. В пластифицированных системах наблюдается уменьшение относительной доли областей локального порядка за исключением узкой области 2-4 об.% ДБФ, где доминирует процесс антипластификации, угнетающий молекулярную подвижность структурных элементов в дефектных областях.

Расчеты величины критических индексов перколяционной сетки показали, что для всех типов систем во всем диапазоне концентраций ингредиентов определяющими компонентами ПВХ-композиций в формировании их кластерной структуры выступают рыхлоупакованная матрица и агрегация частиц наполнителей, причем с явным доминированием именно последнего фактора.

ПОГЛИНАЮЧА ЗДАТНІСТЬ НАПОВНЕНИХ ПВХ-СИСТЕМ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПРИРОДИ ТА ВМІСТУ ІНГРЕДІЄНТІВ

Малиновський С.В., асистент; Кривцов В.В., доцент
Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Досліджена залежність величини коефіцієнта поглинання β^- променів зразками полівінілхлориду (ПВХ) від вмісту і розмірів високодисперсного наповнювача. Вихідний ПВХ наповнювали дисперсним порошком міді, а також нанодисперсним порошком міді отриманим методом електричного вибуху металу [1]. Для досліджень використовувались зразки, отримані методом гарячого пресування в $T-p$ режимі при температурі 398 К і тиску 10 МПа у вигляді дисків діаметром $2,4 \cdot 10^{-2}$ м та товщиною $(1,3-3,0) \cdot 10^{-4}$ м. Об'ємна частка міді складала $0 \leq \varphi \leq 0,05$ об. %, середній розмір частинок промислової міді рівний 14,5 мкм, а розмір нанодисперсних частинок становить (45 ± 5) нм.

Експеримент показав, що здатність поглинати β^- випромінювання у ПВХ наповненого наночастинками міді, суттєво більша, ніж у випадку гетерогенних систем, що містять порошкову мідь. Встановлено, що шар повного поглинання β^- променів від джерела $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, типу BF 90SS-5M з максимальною енергією $W_{\max} = 2,27$ МеВ для ПВХ наповненого 0,04 об.% наночастинок міді складає 4,25 мм, а для наповненого такою ж кількістю порошковою міді – 5,10 мм. Для забезпечення величини повного поглинання 4,25 мм необхідно взяти порошкової міді 1,54 об. %.

Дослідження показали перевагу композитів, які містять нанодисперсні порошки Cu в порівнянні з системами одержаних на основі низькодисперсних порошоків промислової міді. Встановлено, що при промислового використанні подібних зразків їхня металоємність знижується у 38 разів, що обіцяє значний економічний ефект.

1. Волошин М.О., Фізика конденсованих високомолекулярних систем 14, 42 (2010).

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИБКОЦЕПНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Максимцев Ю.Р., доцент; Кривцов В.В., доцент

Ровенский государственный гуманитарный университет, г. Ровно

Влиянию внешних силовых полей разной природы в процессе получения полимерных композиционных материалов (ПКМ) отводится значительное внимание, так как совокупное влияние силовых полей и наполнителей ПКМ дает возможность получать композиции с заданно заданными строго регулирующими физико-механическими характеристиками.

В качестве объекта исследований был выбран линейный гибкоцепной полимер – поливинилхлорид (ПВХ) с константой Фикингера 65. В качестве наполнителя ПВХ был использованный типичный пластификатор – дибутилфталат (ДФБ). Образцы для исследований получали в $T-p$ режиме в электрическом поле 1 кВ/мм и без поля. Концентрационную и частотную зависимость действительной составляющей ϵ' и величины диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ проводили в частотном диапазоне от 100 Гц до 100 кГц.

Согласно результатам экспериментов, проведенных на материалах, сформированных без наличия и под действием электрического поля, оно существенно влияет на процессы структурообразования в пластифицированном поливинилхлориде, что отображается в существенном изменении всего комплекса физико-механических и диэлектрических свойств полимеров, и, в том числе характере зависимости между величинами ϵ' , ϵ'' и $\text{tg}\delta$ от содержания пластификатора в определенной системе и частоты действия на нее внешнего поля. Показано, что электрическая релаксация в области слабых полей в таких системах носит двустадийный характер. Установлено, что эффективность действия пластификатора при $0 \leq \varphi \leq 2,0$ об. % ДФБ возрастает в 3÷5 раз под действием внешнего электрического поля в $T-p$ режиме. При дальнейшем увеличении содержимого ДФБ эффективность действия электрического поля нелинейно уменьшается.

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА ГРАФЕНОВИХ НАНОЛИСТІВ

Ільків Б.І.¹, *аспірант*; Петровська С.С.^{1,2}, *н.с.*;
Сергієнко Р.А.², *н.с.*; Зауличний Я.В.^{1,3}, *професор*

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

² Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM),
Tohoku University, Sendai, Japan

³ Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Методом ультратрам'якої рентгенівської емісійної спектроскопії було досліджено електронну структуру графенових нанолістів (ГНЛ). ГНЛ були отримані з вуглецевих нановолокон (ВНВ) за допомогою модифікованого метода Хаммерса шляхом відновлення окислених графенових нанолістів (ОГНЛ).

Було виявлено, що кисень, впроваджений між графеновими шарами в ОГНЛ після окислення ВНВ, взаємодіє з електронами π -орбіталей вуглецю. Це призводить до утворення притягуючих сил в напрямку вісі c . В результаті ОГНЛ стають гофрованими. Після видалення кисню при відновленні ОГНЛ перекриття π -орбіталей зростає, і π -стани змішуються з σ -станами через непаралельність цих орбіталей. Це зумовлює збереження гофрованості в ГНЛ.

OK_{α} -емісійні смуги ОГНЛ не були виявлені в енергетичному діапазоні, що відповідає K_{α} -смузі кисню в першому та другому порядках. Відсутність OK_{α} -смуги може бути пов'язана з видаленням кисню зі зразка в результаті електронного бомбардування при дослідженні зразка. Таким чином електронне бомбардування ОГНЛ може бути використане для відновлення ОГНЛ.

Було виявлено, що SK_{α} -смуга ГНЛ вужча, ніж спектр ОГНЛ. Це пов'язано зі зменшенням відстаней між графеновими шарами від 0,75 нм до 0,34 нм та збільшенням перекриття розорієнтованих π -орбіталей між гофрованими нанолістами. В результаті енергія електронів зайнятих π -станів знижується. Зростання непаралельного перекриття π -орбіталей призводить до утворення змішаних ($\sigma+\pi$)-станів.

ІОННИЙ ТРАНСПОРТ В $\text{Ag}_{6-x}\text{Cu}_x\text{PSe}_5\text{Br}$

Мороз М.В., асистент; Мороз В.М., доцент; Олексин Д.І., доцент
Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне, Україна

Тетрарній фазі $\text{Cu}_6\text{PSe}_5\text{Br}$ (I) властивий поліморфізм ($T_{\text{фп}} = 273 \text{ K}$) [1]. Високотемпературна модифікація виявляє змішану провідність з переважаючим вкладом іонної (Cu^+) складової. Сполуці $\text{Ag}_6\text{PSe}_5\text{Br}$ також властива змішана електропровідність (при $T = 300 \text{ K}$ $\Delta E = 0.27 \text{ eV}$, $\sigma_{\text{заг}} = 5.6 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ і $\sigma_{\text{ел}} = 7.6 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$). Відомості про поліморфні перетворення в (II) відсутні.

Нами синтезовано сплави $\text{Ag}_{6-x}\text{Cu}_x\text{PSe}_5\text{Br}$ значень $x = 0, 0.6$ та 5.4 для диференціально термічних та $\sigma = \sigma(T)$ досліджень в інтервалі температур $285\text{--}490 \text{ K}$. Термограми нагріву сплавів значень $x=0$ та 0.6 вказують на зміну їх теплоємностей при $T = 330 \text{ K}$ та 390 K , а для $x = 5.4$ – при 370 K . Вивчення $\sigma = \sigma(T)$ сплавів із струмовими Ag-електродами проведено на постійному струмі зондовим методом. Розрахунок σ здійснено за законом Ома для неоднорідної ділянки кола. Всім сплавам властива чисто іонна електропровідність. Залежність $\ln(\sigma T) = f(10^3/T)$ для $x=0$ та 0.6 мають вигляд прямих із зміною кутового коефіцієнта при $T=330 \text{ K}$ та $T=390 \text{ K}$, а для $x = 5.6$ – при $T = 370 \text{ K}$. Прогнозується, що основний вклад у $\sigma = \sigma(T)$ забезпечують іони Ag^+ , інжектвані в матричну структуру (I) із струмових Ag-електродів. Розрахунки дають наступні параметри електропровідності сплавів:

$$x = 0: T = 285\text{--}330 \text{ K}; \Delta E = 0.255 \text{ eV}, \sigma_{300} = 1.54 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$$x = 0: T = 330\text{--}390 \text{ K}; \Delta E = 0.213 \text{ eV}, \sigma_{330} = 3.58 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$$x = 0.6: T = 285\text{--}330 \text{ K}; \Delta E = 0.280 \text{ eV}, \sigma_{300} = 0.87 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$$x = 0.6: T = 330\text{--}390 \text{ K}; \Delta E = 0.211 \text{ eV}, \sigma_{330} = 2.04 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$$x = 5.4: T = 285\text{--}370 \text{ K}; \Delta E = 0.336 \text{ eV}, \sigma_{300} = 3.98 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1};$$

$$x = 5.4: T = 370\text{--}450 \text{ K}; \Delta E = 0.180 \text{ eV}, \sigma_{370} = 0.41 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}.$$

Синтезовані сплави належать до класу суперіонних матеріалів.

1. Gy.Sh. Kovács, I.P. Studenyak, et. al, *Ukr. J. Phys. Opt.* **2**(4), 165 (2001).
2. R.B. Beeken, J.J. Garbe, et. al, *J. Phys. Chem. Sol.* **65**, 1011 (2004).

АПРОБАЦІЯ СИСТЕМИ ВУЗЬКОЗОННОГО ТЕПЛООВОГО ЗБУДЖЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ДЕФЕКТНОСТІ МАТЕРІАЛУ

Кашпор К.А., аспірантка; Прохоренко С.В., професор
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

З огляду на дедалі суттєвішу актуальність дослідження стану (конструкційних) матеріалів які перебувають в умовах дії критичних навантажень – принциповим є опрацювання підходів до оцінки змін їх властивостей в умовах експлуатації. Дія згаданих змін може супроводжуватися утворенням певної кількості неконтрольованих мікрodefektів, що стають завважуваними вже після руйнування конструкції. Для визначення регіонів наявності дефектоутворюючих зон шаруватого матеріалу (зокрема конструкційного матеріалу з теплозахисною основою) пропонується використання оцінювання змін рівня його реакції (тут – відстеження девіацій теплопровідності поверхневого шару) на вузькозонну енергетичну дію. Постулюється, що згадані зміни (зокрема аномалії/збурення теплового поля, що виникне внаслідок енергетичної дії) будуть зумовлені фізичної природи неоднорідностями в матеріалі досліджуваного об'єкту. З використанням сучасних тепловізійних систем нам видається можливим відслідковування термоаномалій температурного поля, що виникатимуть на поверхні досліджуваного взірця внаслідок підведення зовнішнього потоку енергії та нееквівалентності теплопровідних характеристик матеріалу зовнішнього теплового захисту та його дефектної зони. З метою практичної верифікації модельних очікувань нами було проведено практичний експеримент, розширюючи дослід [1]. У якості генератора потоку робочої речовини (ПРР) – нагрітого до 340°C газу, – було вжито паяльну теплову станцію з дюзою 0,2 мм. Для реєстрації змін в тепловотічці сліду охолодження дії ПРР вжито тепловізор Fluke-Ti25. Експеримент дав змогу підтвердити застосовність методи, апробованої у [1] та водночас, – показав доцільність встановлення системи евакуації відпрацьованого теплоносія з оцінкою однорідності дії евакуатора.

1. В.А. Стороженко, С.Н. Мешков, В.А. Маслова, *Техн. діагностика и неразруш. контроль*. №1, 33 (2006).

ВОЗМОЖНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МАКСИМУМОВ МОДУЛЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В КВАЗИРЕЗОНАТОРАХ

Полетаев Д.А., *ассистент*

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского,
Симферополь, Крымский научный центр НАН Украины и
МОНмолодежспорта Украины, Симферополь

Спутником современного человека является мобильный телефон GSM-диапазона[1]. Из общих физических представлений известно, что электромагнитное излучение поглощается проводящими средами. Однако сами проводящие поверхности формируют в пространстве квазирезонаторы [2]. Здесь под квазирезонатором понимается объем, ограниченный проводящими поверхностями, линейные размеры которого много больше длины волны электромагнитного колебания. Например, в качестве такого объекта может выступать кузов автомобиля, пространство между домами.

Целью работы является анализ возможности формирования локальных максимумов напряженности электрического поля в объеме, ограниченном проводящими поверхностями.

Метод анализа базируются на общей теории электромагнитного поля и аппарате математической физики.

В качестве квазирезонатора рассматривается замкнутая проводящая структура с размерами: высота 2 м, ширина 2 м, длина 3,5 м (размеры легковой машины). Результаты расчета показывают наличие резонансных частот, соответствующих частотам мобильной связи GSM-диапазона: 900 и 1800 МГц. Дальнейшие численные исследования показали, что в квазирезонаторах присутствует возможность формирования локальных максимумов напряженности электрического поля, величина которых превосходит аналогичные значения вне проводящей структуры в 12 раз.

1. S. Hara, Multicarrier techniques for 4G mobile communications (New York: Artech House: 2003).
2. А.А. Кураев, Электродинамика и распространение радиоволн (Минск: Бестпринт: 2004).

БАКТЕРИЦИДНЫЙ МАТЕРИАЛ

Полетаев Д.А., *ассистент*

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского,
Симферополь, Крымский научный центр НАН Украины и
МОИмолодежспорта Украины, Симферополь

Вопрос длительного хранения продуктов питания на сегодняшний день стоит очень остро. Однако существующие методы консервации имеют ряд недостатков: высокая стоимость, влияние консервантов на химический состав продукта [1]. Поэтому разработка простого и высокоэффективного метода длительного хранения пищевых запасов является достаточно актуальной. Кроме того, чрезвычайно важно обеспечить длительную стерильность медицинских препаратов и инструментов при различных условиях.

Целью разработки является создание высокоэффективного бактерицидного материала, на основе широкодоступных полимеров, способного длительное время сохранять бактерицидные свойства, пригодного для упаковки продуктов питания, медицинских препаратов.

В качестве бактерицидного материала предлагается использовать широкодоступный полимерный материал, например, полипропилен, с помещенными в него бактерицидными наночастицами. Новшество состоит в способе внедрения бактерицидных частиц в полимер. А именно, в полимерной основе формируются несквозные отверстия, за счет ее бомбардировки высокоэнергетическими частицами. Затем отверстия гальванически заполняются бактерицидными наноконпонентами. В качестве бактерицидных компонент могут выступать наночастицы серебра или меди.

Выпуск данного материала может быть налажен на существующих предприятиях легкой промышленности.

Бактерицидный материал защищен патентом Украины на полезную модель.

1. А.Ф. Загибалов, *Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции* (Москва: Агропромиздат: 1992).

НЕРУЙНІВНА ДІАГНОСТИКА БІОХРОМІВ РОСЛИННИХ ТКАНИН ЗА ОПТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Шемет С.А., *м.н.с.*

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

При взаємодії світлового потоку з біохромами рослинних тканин, які селективно поглинають випромінювання певного діапазону, спектральний склад відбитого випромінювання несе інформацію про хімічну будову хромофору. На вимірах фізичних параметрів відбитого світла базуються неруйнівні дистанційні методи діагностики стану живих об'єктів. Підвищити інформативність спектроскопії відбиття можливо шляхом трансформації спектральної кривої у колориметричні параметри об'єкту відповідно до фізичної теорії кольорового зору.

Мета роботи – розробити метод неруйнвної аналізу варіабельності пігментного складу рослинних тканин за умов стресу, індукованого несприятливими чинниками зовнішнього середовища.

Спектри відбивання коренів у діапазоні 350–800 нм отримували на спектрофотометрі Specord M 40 (Німеччина), обладнаному фотометричною кулею для вимірів дифузного відбивання. На основі спектрів відбивання розраховували координати кольору (X, Y, Z), кольоровості (x, y) та колориметричних коефіцієнтів (L, a, b) препаратів згідно колориметричній системі CIELab 77.

Встановлена залежність форми спектральної кривої відбиття від переважаючого нагромадження різних біохромів. Для спектрів антоціанової зони кореня був характерний максимум при 520-540 нм, що свідчить про існування ціанідину у флавілієвій формі. Зона кореня з бурим забарвленням відрізнялась наявністю численних максимумів, що є характерним для хромофорних систем полімерного типу. Модифікація хромофорних систем біохромів за умов стресу відображалась у формі спектрів відбиття та диференційних спектрів. На основі колориметричних вимірів підтверджено відмінності у стані пігментних систем. Зв'язок спектроскопічних та колориметричних параметрів з фізіологічним станом рослин підтверджений регресивними залежностями.

ФІЗИЧНА ТЕОРІЯ КОЛЬОРУ В ДОСЛІДЖЕННІ ЕНЕРГО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ МІЖ БІОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Феденко В.С., п.н.с.

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

Можливість енерго-інформаційного обміну між різними організмами, адаптованими до сонячного випромінювання, пов'язана з накопиченням пігментів, здатних до селективного поглинання світлового потоку, а також із наявністю у інших організмів фоторецепторів, здатних розрізняти кольорові стимули. Одним із варіантів такої взаємодії є енерго-інформаційний обмін між рослинами та запилювачами. Разом з тим, закономірності різноманіття забарвлення квіток, завдяки яким відбувається така взаємодія, остаточно не встановлені.

Мета роботи – розробити спектральні критерії для систематизації різноманіття забарвлення квіток на основі фізичної теорії кольору.

Спектри поглинання пігментних екстрактів вимірювали на спектрофотометрі Specord M40 у діапазоні 350 – 800 нм. Для вимірювання спектрів відбивання додатково використовували фотометричну сферу. Колориметричні параметри в системах *XYZ* і *CIELab 77* отримували шляхом програмної обробки спектрів.

На основі розроблених спектральних критеріїв виявлено шість типів забарвлення. Визначальні особливості типу I (біле забарвлення) – низьке значення P_e та максимальна величина L . Тип II визначається зміною спектральних характеристик каротиноїдів та фенолів. Тип III обумовлено суперпозицією оптичних характеристик каротиноїдів і хлорофілу. Кольоровий стимул типу IV визначають антоціани в копігментованій формі. Типу V (пурпурні кольори) обумовлено складанням стимулів від пігментів різної природи. Координати кольоровості типу VI (чорне забарвлення) близькі до рівноенергетичного центру.

Виявлені типи слід розглядати як стійкі форми для ефективного функціонування рослинного організму і запилювачів унаслідок хроматичної адаптації.

СПЕКТРОСКОПІЯ ВІДБИВАННЯ І КОЛОРИМЕТРІЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РОСЛИН

Феденко В.С., *п.н.с.*; Шемет С.А., *м.н.с.*

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

При дослідженні функціонального стану рослинних об'єктів привертають увагу неруйнівні методи, перевагою яких є можливість визначення інтегральних показників рослинного організму як цілісної біологічної системи. Одним із неруйнівних методів дослідження забарвлених рослинних тканин є спектроскопія відбивання у видимому діапазоні. Характерною ознакою змін функціонального стану рослин вважають стрес-індуковане побуріння тканин за дії несприятливих чинників середовища різного походження. Складна полімерна структура фенольного пігменту у клітинних стінках обумовлює необхідність спектрального аналізу *in vivo* без руйнування нативної пігментної системи.

Мета роботи – визначити відбивання та колориметричні параметри бурих рослинних тканин, утворення яких індуковано токсичною дією металів.

Зразки для дослідження отримували у модельному експерименті із використанням тест-об'єкту (проростки кукурудзи) та іонів Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} (розчини нітратів). Спектр відбивання бурої зони кореня мав максимуми при 396-398, 445-450, 475-480 нм, інтенсивність яких підвищувалась за дії металів у 1,7-2,1 рази. Диференціювання підтвердило складний характер смуг, утворених суперпозицією хромофорів з близькими спектральними характеристиками. Накопичення бурого пігменту призводило до змін колориметричних параметрів: зростання значень домінувальної довжини хвилі λ_d , умовної чистоти кольорового тону P_e , колориметричних коефіцієнтів a і b , а також зниження величини L . Встановлено залежність змін колориметричних параметрів від токсичності металу. Враховуючи діагностичну значимість спектральних параметрів стрес-індукованої пігментації залежно від токсичності стресових чинників середовища, проведене дослідження може бути основою методу неруйнівної діагностики фізіологічного стану рослин.

ПОСТАНОВКА ВАРИАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ РАВНОКАНАЛЬНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ

Периг А.В., ассистент, к.т.н.; Матвеев И.А., студент;
Лимаренко Н.А., студент

Донбасская государств. машиностроительная академия, м. Краматорск

В настоящее время процессы равноканального углового прессования (РКУП), находят широкое применение в целом ряде таких областей экспериментальной физики и физического материаловедения, как физика низкотемпературных явлений, физика сверхпроводников, композитных и полимерных материалов.

Управление характером течения деформируемых материалов при РКУП оказывает существенное влияние на распределение физико-механических, электрофизических и оптических свойств по объему обрабатываемых заготовок. Один из способов управления равноканальным пластическим течением реализуется выбором рациональной геометрии штамповой оснастки, которая обеспечивает накопление высоких интенсивностей деформаций в объеме заготовок при низких неравномерностях их распределения, что позволяет минимизировать потери материала в виде технологических отходов.

С использованием формул аналитической геометрии для углового штампа с углом между каналами $2\theta = 90^\circ$ получены соотношения, определяющие форму криволинейной внешней стенки штампа в зоне пересечения каналов среди таких варьируемых семейств кривых второго порядка, как дуги парабол, гипербол и эллипсов с учетом условия расположения варьируемой кривой в первом квадранте.

Теоретически с использованием двумерного конечноэлементного моделирования в САЕ-системе QForm 2D (лицензия ДГМА №U1221) выполнены 30 расчетов по моделированию характера распределения неравномерности деформаций при прессовании заготовок из меди М1 через штампы для РКУП с внешними стенками в виде семейств варьируемых кривых второго порядка. Полученные расчетные результаты для углового штампа с $2\theta = 90^\circ$ между входным и выходным каналами позволяют рекомендовать выполнение внешнего закругления в зоне пересечения каналов в виде дуги гиперболы, что обеспечивает достижение высоких интенсивностей 0,692...0,792 при низких неравномерностях деформаций 0,167...0,310.

СЕКЦІЯ 3

«НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

OPTIMIZED MEASUREMENTS OF PLANARITY OF THE NANOSTRUCTURE SURFACES

Holovchenko A.I., *student*
École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne
Sumy State University, Sumy

In micro- nanofabrication planarity of the surfaces is the key of successful process flow. Defects, caused by processes such as etching, inhomogeneity caused either deposition or sputtering can be detected via special metrology techniques and tools. Detection can be done in two ways: by a digital image comparison technique or by laser scanning technology. Noticeable, that both techniques are used in industry and science. Laser scattering tool mostly destined for blank monitor wafers, as image comparison is for patterned wafers.

Basic principle of digital image comparison method is following: the tool compare pixel of one die to that of the preceding and succeeding die. If the difference is significant coordinate is marked as a defect. This method is not suitable for such processes that envisage inhomogeneity of the layer, i.e. Chemical Mechanical Polishing. A laser scan across the entire wafer is the second method for measuring defects. Once defect is present on the wafer, laser light is scattered away and collected by photomultiplier tube, whose magnitude is proportional to the size of the particle. The next step is to detect scattered laser light that can be easily done by charge-coupled diode camera. The last step is intensity calculations, repetitive pattern filtering (so called Fourier masking), and polarization characteristics. Mentioned calculus decrease false identifications of the defects on the wafers.

Atomic force microscopy can be an alternative to laser scanning and image comparison methods. Advantages of this method are high spatial resolution, and ultralow force exerted at the surface. Indicated metrology can increase the success of the defect detection and improve characterization quality of the flatness of nanosurfaces.

Supervisor: Kippenberg T.J.

1. *Chemical Mechanical Polishing in Silicon Processing* (Ed. Shin Hwa Li, Robert O. Miller) (The USA: Academic Press: 2000).

PROPERTIES OF In_2O_3 - InSe HETEROSTRUCTURES WITH NANOSTRUCTURED OXIDE

Katerynchuk V.M., *Doctor of Science*; Kudrynskyi Z.R., *PhD student*
Chernivtsi Department of Frantsevich Institute for Problems of Materials
Science (NASU), Chernivtsi

In the present paper, photosensitive n- In_2O_3 -p- InSe heterostructures with nanostructured In_2O_3 frontal layer were studied. It was established that photoresponse spectra of these heterostructures considerably depend on surface topology of the oxide. This attests that the oxide with the semiconductor substrate serves not only as an active component of the structure but also as a cellular diffraction element.

Surface topology of the oxide was investigated by means of atomic force microscope (Nanoscope IIIa Dimension 3000 SPM). Under different conditions of oxidation of the InSe , the surface of the samples contains predominantly needle-shaped nanostructures. Their structure had ordered as well as random nature.

Optical dimensional effect in the oxide film was revealed owing to the combination of properties of nanostructured In_2O_3 surface and anisotropic light absorption in InSe . The higher the deflection of incident light from the normal direction induced by the nanostructured oxide surface, the more significant are changes in carrier photogeneration in the anisotropic semiconductor. These changes are the extension of photoresponse range and the peculiarities of behavior of excitonic line in photoresponse spectra of the heterostructure. The higher density and ordering of the nanoneedles, the bigger are long-wave shift of the photoresponse range and more intensive exciton peak in the photoresponse spectra.

Scientific adviser: Dugaev V.K., *professor*

1. Z.D. Kovalyuk, V.N. Katerinchuk, T.V. Betsa, *Opt. Mater.* **17** No1, 279 (2001).
2. K. Uosaki, M. Koinuma, *J. Appl. Phys.* **74** No3, 1675 (1993).

МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРІВ ЕКСТИНКЦІЇ ПЕРІОДИЧНИХ НАНОСТРУКТУР

Колич І.І., *аспірант*

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

Розвиток сучасної електроніки спричинений використанням наноструктурованих матеріалів. Спектри екстинкції видимого світла таким об'єктами залежать від їх форми, розмірів елементів, відстані між ними та матеріалу. Чисельні розрахунки дозволяють передбачити та пояснити природу певних властивостей таких утворень [1].

Основними методами розрахунку спектрів екстинкції періодичних структур є метод скінченних різниць у часовій області [4] та метод дискретних диполів [2, 3]. Перший підхід полягає у прямому розрахунку рівнянь Максвелла для просторової решітки з заданими оптичними константами. В основі другого методу є апроксимація періодичного елемента структури диполями та врахуванням взаємодії між диполями у елементі та впливу його копій.

На основі цих методів, розроблено програми моделювання спектрів екстинкції періодичних. Розраховано спектри екстинкції нанорозмірних срібних кульок на значній відстані одна від одної. Приведено порівняння зі спектрами, отриманими на основі теорії Мі.

Розраховано спектри екстинкції срібних кульок на двомірній прямокутній решітці. Досліджено динаміку переходу в рівноважний стан при опроміненні поляризованим світлом. Наслідком взаємодії кульок є поява двох смуг поглинання, зміщених у довгохвильову та короткохвильову область відносно смуги невзаємодіючих куль.

Керівник: Болеста І.М., *професор*

1. К. Борен, Д. Хафмен, *Поглощение и рассеяние света малыми частицами* (Москва: Мир: 1986).
2. E. Purcell, C. Pennyacker, *Astrophys. J.* **186**, 705 (1973).
3. B. Draine, *Astrophys. J.* **333**, 848 (1988).
4. A. Taflove, S. Hagness, *Advances in Computational Electrodynamics: the Finite-Difference Time-Domain Method* (Boston: Artech House: 2005).

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Кирилаш А.И., *аспирант*; Кидалов В.В., *профессор*
Бердянский государственный педагогический университет, г. Бердянск

Сейчас одним из наиболее перспективных способов захвата света в фотоэлектрических преобразователях (ФП) на основе непрямозонных полупроводников считается создания тонкого слоя пористого материала который содержит кроме матричного материала систему пустот (пористость 40-70%) [1]. Одним из наиболее вероятных материалов для фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии является арсенид галлия (GaAs). Арсенид галлия – один из наиболее перспективных материалов для создания высокоэффективных солнечных батарей.

Образцы пористого GaAs были получены способом электрохимического травления GaAs (100) n-типа проводимости с концентрацией 10^{15} - 10^{18} см⁻³ носителей тока. Морфология полученных пористых структур исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа. Согласно структурным исследованиям диаметр пор и расстояние между ними колеблется от нанометров до субмикрометров.

В данной работе проведено сравнения спектров отражения света непросветленного ФП и ФП на основе пористого GaAs [2]. Выяснено, что коэффициент отражения света ФП на основе пористого GaAs намного меньший по сравнению с непросветленным ФП, что в свою очередь увеличивает КПД фотоэлектрического преобразователя. Определено, что на коэффициент отражения влияют степень пористости и толщина пористого слоя.

1. Н.М. Колтун, *Селективные оптические покрытия преобразователей солнечной энергии* (Москва: Наука, 1979).
2. Т.Я. Горбач, Е.В. Пидлисний, С.В. Свечников, *Морфологические и оптические свойства анизотропно-травленого арсенида галлия* (Киев: Наук. думка: 1988).

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ

Хандрико М.Н., студент; Бабиц Е.В., студент; Чадюк В.А., доцент
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев

Известно, что наивысшая эффективность солнечных элементов на основе наночастиц TiO_2 , сенсibilизированных красителем, достигается при их размере 10 – 20 нм. Для производственного процесса необходим экспресс-метод контроля размеров наночастиц. Измерение наночастиц можно осуществить, модифицировав метод ультрамикроскопии – наблюдения нанообъектов по рассеянному ими оптическому излучению (рассеянию Ми).

Если радиус наночастицы a соотносится с длиной волны излучения λ и показателем преломления частицы n_p как $a < \lambda/20n_p$, то согласно формуле Рэля относительная интенсивность неполяризованного излучения, рассеянного на частице, $I_r = Ka^6/\lambda^4 r^2$, где K – коэффициент пропорциональности, зависящий от показателей преломления частицы и среды, а также угла между осью падающего пучка и направлением наблюдения рассеянного излучения; r – расстояние от частицы до приемника излучения [1]. Расчеты показывают, что при $\lambda = 405$ нм (излучение самого коротковолнового лазерного диода, выпускаемого промышленностью), $a = 10$ нм и $r = 10$ мм относительная интенсивность излучения, рассеянного по нормали к падающему пучку, $I_r = 10^{-12}$, что очень мало даже для фотоприемников с большим усилением.

Для увеличения I_r в разработанной нами установке наночастицы попадают в перетяжку лазерного гауссова пучка, где интенсивность падающего излучения возрастает приблизительно в $(4r_0/\lambda)^2$ раз; здесь r_0 – радиус гауссова пучка перед фокусировкой. Для эффективного сбора рассеянного излучения на расстоянии $r = 10$ мкм от центра перетяжки находятся торцы двух многомодовых волокон с диаметром сердцевины 50 мкм, передающие рассеянное излучение на входы фотoeлектронных умножителей, связанных с дифференциальным усилителем и компьютеризированной схемой обработки выходного сигнала.

1. C.F. Bohren, C.F Huffman, *Absorption and scattering of light by small particles* (Weinheim: Wiley-VCH: 2004).

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ

Лькова М.А., студент; Кузьмич В.Н., студент; Чадюк В.А., доцент
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев

В связи с развитием нанотехнологий возросла потребность в измерительных приборах нанодиапазона. Ультрамикроскопия, зародившаяся в начале прошлого века, впервые позволила увидеть наночастицы и по рассеянному ими излучению определить их концентрацию, а также проследить за их движением. Рассеяние Ми, используемое в ультрамикроскопии, позволяет определить размер частицы, поскольку интенсивность рассеянного света пропорциональна шестой степени от радиуса частицы. Интенсивность излучения, рассеянного частицей, зависит также от формы частицы и поляризации падающего на нее излучения. Эти свойства рассеяния Ми и были использованы в измерительном ультрамикроскопе, разработанном в нашей лаборатории.

Оптическая часть ультрамикроскопа состоит из лазерного диода, микрообъектива и двух соосных многомодовых безоболочечных волокон диаметром 50 мкм, торцы которых установлены на расстоянии 20 мкм. В зазор между волокнами фокусируется лазерное излучение с длиной волны $\lambda = 405$ нм, образуя измерительный объем, равный фокальной области лазерного пучка (диаметром примерно 250 нм в перетяжке пучка).

Для уменьшения паразитных поляризационных эффектов, связанных с влиянием на интенсивность рассеянного излучения ориентации несферической частицы относительно вектора поляризации падающего излучения, в установке использованы два пространственно совмещенных пучка с ортогональными поляризациями.

Лазерное излучение, рассеянное на частице, попадает в оптические волокна и далее поступает на фотоэлектронные умножители, выходные сигналы с которых усиливаются дифференциальным усилителем. Формирование разностного сигнала позволяет исключить влияние на результат измерений флуктуаций мощности лазерного излучения. Разностный сигнал преобразуется в цифровую форму и поступает в компьютер, рассчитывающий по известным конструктивным параметрам радиус наночастицы.

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ УЛЬТРАМИКРОСКОПИЯ НАНОЧАСТИЦ

Клопенко С.С., студент; Ильчук А.А., студент; Чадюк В.А., доцент
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев

Лазеры на квантовых точках, солнечные элементы на наночастицах, кремниевые светодиоды на нанокристаллах – вот только несколько примеров успешного применения уникальных свойств наноразмерных объектов в электронике. Для технологических процессов с участием наночастиц и наноструктурированных поверхностей необходимы достаточно простые средства контроля их характерных размеров, концентраций, распределений и т.п. Сканирующие электронные и зондовые микроскопы мало пригодны для этих целей, поскольку для первых нужен вакуум, а для вторых – жесткая привязка зонда к исследуемой поверхности. В нашей лаборатории был разработан телевизионный ультрамикроскоп с лазерной подсветкой наноразмерных объектов, свободный от подобных недостатков.

Для подсветки наноструктурированной поверхности или предметного стекла с находящимися на нем наночастицами было использовано излучение лазерного диода с длиной волны 635 нм и мощностью 50 мВт, которое с помощью микрообъектива вводилось в многомодовое кварцевое волокно. Оптическая ось волокна была практически параллельна исследуемой поверхности и находилась от нее на расстоянии примерно 200 мкм. Косое освещение поверхности способствовало получению более контрастного изображения.

Изображение поверхности формировалось с помощью оптического микроскопа с увеличением 1000×, а затем это изображение подавалось на цифровую камеру, связанную с компьютером, что позволяло наблюдать на экране монитора наночастицы или нановыступы структурированной поверхности, рассеивающие лазерное излучение.

Рассеяние Ми, используемое в ультрамикроскопии, не позволяет увидеть внутреннюю структуру нанообъекта, однако делает возможным оценить его размер по интенсивности рассеянного излучения или проследить за его позиционированием, осуществляемым с помощью лазерного пинцета – лазерного пучка, удерживающего наночастицу в фокальной области уравновешенными силами светового давления и электрического поля световой волны.

ПРОЦЕССЫ ПРОХОЖДЕНИЯ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Воробьев Г.С., *профессор*; Пономарева А.А., *аспирант*; Барсук И.В., *аспирант*; Остапенко Ю.О., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

В связи с ограничениями оптической литографии, связанными с явлением дифракции, сравнительно недавно появилась технология нового поколения – ионная литография, в которой применяется прямое экспонирование сфокусированным пучком заряженных частиц. Определенный интерес в разработке таких литографических технологий высокого разрешения связан с возможностью преодоления трудностей при создании структур с размерами ниже 100 нм [1].

В направлении развития ионной литографии был исследован процесс прохождения пучка заряженных частиц в материальной среде. Код SRIM (The Stopping Range of Ions in Matter) представляет собой программу численного моделирования расчета торможения и пробега ионов с энергий в диапазоне от 10 эВ до 2 ГэВ в веществе [2]. Его применение позволяет рассчитать конечное распределение ионов и события, сопровождающие процесс потери энергии ионом: разрушение мишени, распыление, ионизация и образование фононов. С помощью численного кода SRIM был проведен анализ процесса взаимодействия заряженных частиц (Ga , e , H^+ , H_2^+ , He^+ и др.) с материалами (SU-8, HSQ, TiO_2 , GaAs, PMMA и др.). Установлены преимущества экспонирования пучками легких ионов МэВ-ных энергий. Проведенные исследования интересны с точки зрения реализации ионной литографии с помощью ядерного сканирующего микронзонда разработанного в Институте Прикладной Физики [3].

Работа была выполнена в рамках г/б темы № 0112U001379.

1. F. Watt, A. Bettiol, J. Kan, et al, *Int. J. Nanosci.* **4**, 269 (2005).
2. <http://www.srim.org/>.
3. V.E. Storizhko, A.G. Ponomarev, V.A. Rebrov, et. al, *Nucl. Instr. Meth. B.* **260**, 49 (2007).

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОННИХ ПУЧКІВ В ПРИЛАДАХ МІКРОРЕНТГЕНІВСЬКОЇ ТОМОГРАФІЇ

Дрозденко Д.О., студент; Воробйов Г.С., професор
Сумський державний університет, г. Сумы

Сучасний розвиток медицини вимагає створення нових приладів для діагностики та терапії із застосуванням потоків заряджених частинок і фотонів. Такі методи достатньо ефективні, але існує задача локалізації впливу іонізуючого випромінювання на живий організм. Прикладом цьому є рентгенівська томографія. Зменшення впливу іонізуючого випромінювання на біологічний об'єкт можливо досягнути шляхом застосування точкових джерел монохроматичного рентгенівського випромінювання, створених за допомогою сфокусованих електронних пучків [1].

Метою даної роботи є визначення оптимальних параметрів аксіально-симетричної електронної пушки з енергією електронного пучка (ЕП) 10 ± 30 кеВ.

Для досягнення поставленої мети були вирішені задачі: чисельного моделювання параметрів конфігурації електронно-оптичної системи (ЕОС); визначення величин фокусуєчого потенціалу для формування оптимальних розмірів ЕП в кросовері при максимальному проходженні ЕП через прохідний отвір анода визначеної ЕОС; впливу просторового заряду на динаміку ЕП.

В результаті роботи запропонована нова конфігурація ЕОС. Проведені дослідження показали, що при оптимальних значеннях напруги на електродах форма профілю пучка наближена до нормального розподілу, при цьому розміри пучка в кросовері складають $0,04\pm 0,06$ мм. Було встановлено, що для робочих режимів прискорюючої напруги $U = 10\pm 30$ кВ і струму пучка ≈ 1 мА впливом просторового заряду на динаміку ЕП можна знехтувати.

Обрана конфігурація ЕОС може бути застосована при створенні монохроматичних джерел рентгенівського випромінювання у рентгенівських мікротомографах та експериментальних установках.

1. В. Beckhoff, В. Kanngießer, N. Langhoff, R. Wedell, H. Wolff, *Handbook of practical X-Ray fluorescence analysis* (Berlin: Springer: 2006).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ИОННОГО ПУЧКА В СИСТЕМЕ МАГНИТНЫХ КВАДРУПОЛЬНЫХ ЛИНЗ

Игнатенко Н.В., *студент*; Дрозденко А.А., *доцент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Данная работа описывает результаты численного моделирования пучка ионов, который фокусируется квадруплетом магнитных линз, составляющих ионно-оптический транспортирующий тракт [1].

Целью данной работы является изучение влияния параметров системы линз на прохождение ионного пучка, а именно отклонение линз от оси и соответствующие изменения профиля и плотности пучка. Для достижения поставленной цели были разработаны специальные алгоритмы для анализа изменений параметров ионного пучка. Рассматривались два варианта подключений линз – триплет и квадруплет. В обоих случаях изменялось рабочее расстояние от коллиматора к первой линзе, и для каждой такой вариации менялось расстояние между двумя определёнными линзами.

Программы, применяемые при моделировании, позволяют определить на выходе коэффициенты возбуждения линз, размеры коллиматоров и, в дальнейшем при вариации углов, отклонения линз от оси, изменение профиля пучка. При этом были также получены фазовые координаты в каждой линзе на входе и на выходе.

Показано, что пучок ионов испытывает дополнительное отклонение в поле квадрупольной линзы, в результате чего угол наклона пучка увеличивается, а отклонение линзы на некоторую долю радиан влияет на профиль пучка. При изменении угла отклонения линз от оси, профиль пучка также меняет свою форму.

Разработанные алгоритмы позволяют в последовательном режиме моделировать микропараметры ускоренных ионов, что дает возможность качественно проследить трансформацию профиля пучка при его транспортировке через систему магнитных линз.

1. Л.А. Баранова, М.Ф. Кудояров, С.В. Милодан, *Прикладная физика* **3**, 73 (2010).

СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИМЕНЯЕМЫХ В СВЧ ТЕХНИКЕ

Носков Э.П., *студент*; Бондаренко Е.Г., *студентка*;
Подопрыгора С.А., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Среди открытых структур, используемых в современных приборах и устройствах миллиметрового диапазона волн, важное место занимают металлические периодические структуры (МПС). Использование МПС перспективно как при построении СВЧ приборов (типа направленный ответвитель [1] и делитель мощности), так и при миниатюризации различных функциональных узлов и приборов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн. Кроме того, значительный интерес представляют процессы преобразования поверхностных волн распределенных источников излучения в объемные на МПС.

К основным параметрам МПС относят: период решетки, толщину брусьев, коэффициент заполнения. Выбор значений данных параметров может существенно изменить характеристики исследуемых систем. Применение таких структур актуально для трансформации поверхностных волн диэлектрического волновода в объемные [2]. Так, в данной работе исходя из описанных выше положений нами были рассчитаны металлические структуры (период – 3 мм, коэффициент заполнения – 0, толщина – 1 мм). Которые в дальнейшем использовались для моделирования делителей мощности. Результаты моделирования свидетельствуют об эффективном отборе мощности из основного тракта и позволяют использовать данные структуры в частотном диапазоне 60-80 ГГц.

Руководитель: Рыбалко А.А., *ст. преподаватель*

1. Г.С. Воробьев, *Приборы и техника эксперимента*. 4, 110 (2009).
2. В.П. Шестопапов, *Дифракционная электроника* (Харьков: ХГУ: 1976).

МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРІВ ВІДБИВАННЯ НІТРИДАМИ НА ПІДКЛАДКАХ

Стеценко М.О., *магістрант*¹; Пасічник Ю.А., *професор*²;

Кідалов В.В., *професор*¹

¹ Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

² Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, м. Київ

Завдяки своїм унікальним фізичним властивостям нітриди набувають все більш широкого застосування у сучасній твердотільній електроніці та оптоелектроніці [1].

Спектри відбивання інфрочервоного (ІЧ) випромінювання є неруйнівним методом дослідження властивостей тонких шарів.

У математичному пакеті MathCAD 14 за допомогою матричного аналізу розроблено програми моделювання спектрів відбивання s- та р-поляризованого світла від багат шарових структур. Обчислено спектри відбивання від AN (A = In, Al, Ga) на підкладках Si, 6H-SiC, ZnO, Al₂O₃ [2]. Досліджено вплив товщини плівки, концентрації носіїв заряду та параметрів підкладки на спектри ІЧ відбивання. Проведено порівняння змодельованих спектрів з експериментальними спектрами інших авторів. Обчислено спектри відбивання від плівки InN на поруватій та суцільній підкладці InP. Досліджена динаміка спектрів при різних значеннях поруватості, товщини та легування плівки і підкладки. Поруватий InP розглядався як композит, були виконані обчислення в рамках моделі ефективного середовища з використанням двох його модифікацій - Максвелла-Гарнета і Бругемана, що відповідає різним топологіям композитного матеріалу [3].

Слід зауважити перспективність дослідження поруватих підкладок на основі Si та GaAs для отримання тонких шарів GaN, що зумовлено підвищенням структурної досконалості як гексагональної, так і кубічної модифікацій.

1. Г.О. Сукач, В.В. Кідалов, та ін., *ФХТТ* **8** No2, 227 (2007).
2. Венгер Є.Ф. *Спектроскопія залишкових променів* (Київ: Наукова думка: 2001).
3. T.R. Barlas; N.L. Dmitruk, et. al., *Opt. Spectrosc.* **112** No2, 233 (2011).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕСЫЩЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОНДЕНСАТОВ НИКЕЛЯ

Наталич В.В., *студент*

Сумский государственный университет, г. Сумы

В работе рассмотрена математическая модель, с помощью которой можно определить зависимость усредненного пересыщения паров над поверхностью роста от времени осаждения. Она основана на явлениях массопереноса распыленного вещества в промежутке между распыляемой мишенью и подложкой при условии работы магнетронного распылителя при повышенных давлениях. В зависимости от структурно-морфологических характеристик ростовой поверхности и при условии неизменности во времени распыленного потока изменяется удельный осаждаемый поток, что является предпосылкой для изменения пересыщения.

В работе показано, что поток конденсируемого вещества определяется соотношением

$$J_c(t) = k_1 J_d (1 - F(t)) m(t) [1 + 1/(1 - (1 - k_1)(m(t)F(t) + 1 - m(t)))] \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент рассеяния распыленного вещества; J_d – распыленный поток; $F(t)$ – относительная часть свободной от конденсата поверхности подложки; $m(t)$ – коэффициент конденсации.

Исходя из соотношения (1) была определена зависимость коэффициента конденсации вещества от времени. В дальнейшем на основании соотношения

$$\zeta(t) = m(t)/(1 - m(t)), \quad (2)$$

была определена зависимость коэффициента конденсации $\zeta(t)$ от времени. Произведенные расчеты позволили установить снижение пересыщения на протяжении времени конденсации. Как показали экспериментальные результаты, такое снижение пересыщения приводит к зарождению на поверхности роста системы вискеро́в.

Руководитель: Перекрестов В.И., *профессор*

ЗАСТОСУВАННЯ КВАДРАТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ МІЖАТОМНИХ ВІДСТАНЕЙ КООРДИНАЦІЙНИХ СФЕР АМОРФНИХ ПЛІВОК

Ковтуненко В.С., доцент

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

Традиційно в структурному аналізі аморфних речовин топологічне розупорядкування міжатомних відстаней описують за допомогою гауссових функцій радіального розподілу атомів (ФРРА) у межах кожної координаційної сфери.

З фізичної точки зору, такий підхід для задання ФРРА у межах фіксованої координаційної сфери чи підсфери не зовсім коректний. Це зумовлено тим, що гауссовий розподіл описує фізичні параметри систем із повним ідеальним безпорядком. Тому графік такого розподілу має довгі "хвости" як у сторону менших, так і в сторону більших міжатомних відстаней. Реальні ж аморфні речовини мають атомні сітки із чітким ближнім порядком. Він обумовлений тим, що геометричні параметри таких сіток в конденсованих системах встановлюються строгими квантово-механічними законами міжатомної взаємодії. В результаті, ці параметри лежать у чітко визначених діапазонах.

Для врахування таких обмежень у практичній електроннографії ми спробували варіації міжатомних відстаней атомних сіток аморфних речовин у межах кожної координаційної сфери описувати не розподілом Гаусса, а близькою до нього математичною функцією з більш чіткою фіксацією "кінців" розподілу. Проведений нами аналіз показав, що в такій ролі може виступати проста квадратична функція, область визначення якої обмежена діапазоном можливих змін міжатомних відстаней у певній координаційній сфері.

На етапі розрахунку модельної ФРРА було визначено ступінь відповідності між собою гауссового та квадратичного розподілу міжатомних відстаней в атомній сітці аморфних речовин у межах однієї координаційної сфери. Обидві функції задають майже однакові розподіли в центральній області піків. У той же час, квадратична функція немає на графіках "хвостів" гауссових розподілів при дуже великих і дуже малих міжатомних відстанях, у порівнянні з радіусами відповідних координаційних сфер.

ВРАХУВАННЯ ДИСПЕРСІЇ РОЗПОДІЛІВ МІЖАТОМНИХ ВІДСТАНЕЙ АТОМНИХ СІТОК АМОΡФНОГО КРЕМНІЮ

Ковтуненко В.С., доцент, Іваницька Г.М., аспірант
Черкаський державний технологічний університет
Ужгородський національний університет. м. Ужгород

У роботі аналізуються результати проведених математичних розрахунків параметрів функції розподілу міжатомних відстаней різних координатійних сфер аморфного кремнію. Показано, що для різних моделей розподілів міжатомних відстаней координатійних сфер проявляються суттєві відмінності в загальній сумарній функції радіального розподілу атомів. У цілому вони стосуються ширини піків та глибини впадин між ними. Тому цікаво було в'яснити характер впливу таких відмінностей функцій розподілу міжатомних відстаней на експериментальні дифракційні дані та структурні фактори непорядкованих атомних сіток. Для цього нами чисельними методами були розраховані інтерференційні функції першої та другої координатійних сфер аморфних плівок кремнію для двох видів розподілу гауссового та квадратичного.

Аналіз отриманих результатів показав, що при використанні в цих розподілах однакових параметрів, розраховані інтерференційні функції практично не відрізняються між собою для першої координатійної сфери та мають деякі відмінності для другої координатійної сфери. При цьому дані відмінності полягають у збільшенні висоти піків і глибини впадин, що закономірно відображає на них більш вузький розподіл міжатомних відстаней при представленні координатійних сфер квадратичною функцією.

Параметри структури ближнього порядку реальних аморфних плівок кремнію більш точно описуються параболічним представленням форми піків координатійних сфер. Одночасно застосування такого представлення адекватніше описує і парціальні інтерференційні функції, які утворюються при дифракційних дослідженнях аморфних речовин. Опис координатійних сфер атомних сіток аморфних речовин функціями розподілу Гаусса зумовлює зменшення ступеня розділення піків сусідніх сфер. використання ж для цього квадратичної функції значно покращує роздільчу здатність методу функцій радіального розподілу атомів.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ АКТИВНОГО БРОУНІВСЬКОГО РУХУ В РАМКАХ ФОРМАЛІЗМА ГАМІЛЬТОНА

Ющенко О.В., доцент; Сергієнко А.В., студент
Сумський державний університет, г. Суми

Останнім часом завдяки розвитку нанотехнологій актуальності набуває дослідження руху наночастинок. У зв'язку з цим особливу увагу привертає складний броунівський рух активних частинок, де термін «активні» слід розуміти, як можливість частинки перетворювати надлишок внутрішньої енергії в енергію руху, тим самим утворюючи різноманітні складні моделі руху.

Для аналізу кінетики руху активних броунівських частинок було використано формулювання Ланжевена теорії броунівського руху з урахуванням внутрішньої енергії частинки [1]. При дослідженні вказаної системи було використане канонічне подання залежностей координати та імпульсу частинки в рамках формалізму Гамільтона. У рівнянні для швидкості зміни внутрішньої енергії системи при цьому враховувалася внутрішня енергія у стані спокою, дисипативна складова у вигляді закону релаксації Дебая та взаємозв'язок внутрішньої енергії з кінетичною енергією руху [1].

В результаті для випадку стаціонарної внутрішньої енергії було отримано три системи двох диференціальних рівнянь першого порядку для окремих випадків взаємозв'язку внутрішньої енергії частинки з потенціальною, кінетичною та повною механічною енергіями.

Для подальшого аналізу даних систем у детермінованому випадку було використано метод фазової площини. Завдяки цьому було знайдено координати особових точок (стаціонарні стани системи) та проаналізована залежність відповідних показників Ляпунова; побудовано фазову діаграму, що відображає області існування стійких та нестійких станів системи в залежності від параметрів взаємозв'язку та дисипації. Окрім того, були побудовані фазові портрети системи, та проаналізований вплив параметрів системи на характер фазових траєкторій.

1. A. Glück, H. Hüffel, S. Plijić, *Phys. Rev. E* **83**, 051105 (2011).

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФРАКЦІЙНО-ЧЕРЕНКОВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПЕРІОДИЧНИХ МЕТАЛОДІЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУКТУРАХ

Рубан А.І., *доцент*; Дорошенко Д.Ю., *аспірант*
Сумський державний університет, г. Сумы

В останні роки значна увага приділяється побудуванню нових схем джерел коливань НВЧ з періодичними металодіелектричними структурами, які мають широкі функціональні можливості як в плані побудови нових модифікацій джерел коливань НВЧ, так і в плані мініатюризації приладів та створення елементної бази радіосистем.

Оптимізація пристроїв електроніки НВЧ шляхом створення макетів з електронним потоком потребує великих фінансових вкладень. Тому на початковому етапі досліджень доцільним є вивчення найпростіших теоретичних моделей з послідуочим експериментальним «холодним» моделюванням процесів взаємодії просторових гармонік дифракційно-черенковського випромінювання шляхом заміни електронного потоку планарним діелектричним хвилеводом. Такий підхід дозволяє визначити та оптимізувати основні характеристики електродинамічних систем приладів при переході до макетних досліджень з електронним потоком.

На рисунку 1 представлені схеми електродинамічних систем, що досліджено: метало діелектрична структура типу діелектричний шар – стрічкова дифракційна решітка та металодіелектричний канал. Їх загальною ознакою є наявність монохроматичного електронного потоку 1, що рухається уздовж стрічкової дифракційної решітки 2, яку розміщено в площині $z = -a$ на поверхні діелектричного шару 3. При русі електронного потоку уздовж такої металодіелектричної структури збуджується спектр просторових гармонік дифракційного випромінювання у діелектрику та вакуум з різною щільністю енергії S_n . Введення екрану 4, що відображає, дозволяє підвищити щільність енергії просторової гармоніки дифракційного випромінювання, що випромінюється у вакуум.

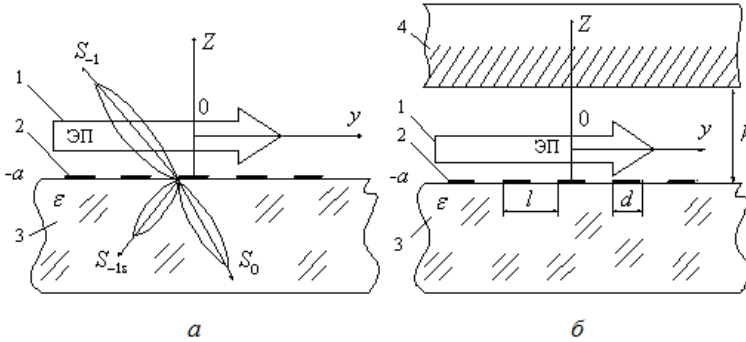


Рисунок 1 – Електродинамічні системи: метало діелектрична структура типу діелектричний шар – стрічкова дифракційна решітка (а) та металодіелектричний канал (б).

Обчислення щільності енергії просторових гармонік, що випромінюються проводилося за формулою:

$$S_n = \frac{c}{4\pi} [\vec{E} \times \vec{H}^*] \quad (1)$$

де n – номер просторової гармоніки, c – швидкість світла, \vec{E} – напруженість електричного поля, \vec{H} – напруженість магнітного поля. Це відношення зводиться до формул, які представлені в роботі [1].

Проведено чисельне моделювання інтенсивності гармонік дифракційно-черенковського випромінювання від відносно швидкості електронного потоку ($S_n/S_{0max}(\beta)$) у зонах Брілюена 5_{-1}^{-1} , 3_{-1}^{-1} , $4_{1,0,-1,-2,-3}^{-1}$ в металодіелектричній структурі типу діелектричний шар – стрічкова дифракційна решітка та в металодіелектричному каналі з діелектриком кінцевої товщини.

Отримані результати дозволяють дати практичні рекомендації до створення пристроїв дифракційної електроніки на базі періодичних металодіелектричних структур.

1. Г.С. Воробьев, М.В. Петровский, А.И. Цвык, Э.М. Хуторян, Л.И. Цвык, *Жур. нано- та ел. фіз.* **4** No76, 159 (2005).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ

Ющенко О.В., *доцент*; Бадалян А.Ю., *аспирант*;

Браташ С.А., *студент*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Теоретические основы движения броуновских частиц были исследованы Альбертом Эйнштейном более века назад. Но, несмотря на это, некоторые различия, наблюдавшиеся в его теории, удалось объяснить только сейчас, основываясь на исследовании так называемого "горячего" броуновского движения [1]. Оно отличается от обычного броуновского движения тем, что наночастицы золота, нагретые сфокусированным лазерным излучением, имеют запас внутренней энергии, которая преобразуется в механическую.

В рамках модели броуновского движения была рассмотрена стохастическая динамика активного движения наночастиц [1]. Принимая за основу синергетическую систему Лоренца, и учитывая флуктуации управляющего параметра в виде процессе Орнштейна-Уленбека, был описан переход между тремя типами движения наночастиц: направленным, вращательным и прерывистым. При этом вращательное движение объясняется явлением гиротаксиса, когда движение частиц обеспечивается компенсацией моментов вращения, а прерывистое движение представляет собой чередование двух других типов.

В рамках приближения, когда время изменения внутренней энергии частицы является наименьшим, было получено уравнение движения стохастического осциллятора в виде дифференциального уравнения второго порядка. С помощью метода Шапиро [2] было получено уравнение Фоккера-Планка и соответствующее уравнение Ланжевена. В стационарном случае была проанализирована зависимость средней скорости движения от внутренней энергии, которая задается внешними параметрами. Построенная фазовая диаграмма позволяет определить области существования трех типов движения наночастиц.

1. D. Rings, R. Schachoff, et. al, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 090604 (2010).
G.V. Shapiro, *Phys.Rev. E* **48**, 109 (1993).

НЕЛІНІЙНА ТЕОРІЯ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ В ТВЕРДИХ ТІЛАХ

Ющенко О.В., доцент; Троцька Д.С., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Відомо, що динаміка склоподібних твердих тіл різко змінюється завдяки деформації зсуву, коли швидкість зсуву перевищує зворотній час структурної релаксації. Як тісно пов'язана з цим проблема, розуміння механічних властивостей аморфних металів набуває великого значення з розвитком відповідних технологій.

Для відносно високих температур деформації зсуву спричинюються рівномірно по всьому зразку, що призводить до появи в'язкої течії. Розглядаючи за допомогою чисельного моделювання тривимірну модель аморфного металу, з'ясувалося, що навіть після завдання невеликої деформації зсуву такі динамічні неоднорідності були зареєстровані як у станах зсуву, так і у станах спокою.

При вивченні пружно-пластичної динаміки твердих тіл мікроскопічне моделювання є досить інформативним, але аналітичний підхід, заснований на теорії середнього поля, є більш корисним та наочним. В результаті проведеного дослідження було побудовано феноменологічний підхід щодо опису нелінійних пластичних деформацій.

Для опису процесів, що відбуваються у аморфних твердих тілах під дією зсуву було розглянуто самоузгоджену поведінку трьох ступенів свободи: поля вакансій (локальної частини вільного об'єму), швидкості зсуву та внутрішніх напруг зсуву. При цьому твердий аморфний стан та стан пластичної течії відрізняються за значенням параметра порядку, роль якого відіграє відхилення концентрації вакансій від її середнього значення (відхилення локальної частки вільного об'єму від середнього значення). В результаті, базуючись на залежності вільної енергії Ландау від параметра порядку, було отримано систему диференціальних рівнянь з урахуванням релаксаційних, стохастичних та гідродинамічних складових. Для детермінованого випадку у межах адіабатичного наближення отримано вирази для ефективної енергії системи, для енергії стану спокою, швидкості зміни абсолютного відхилення концентрації вакансій та просторову залежність абсолютного відхилення локального вільного об'єму системи.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОРИСТЫХ СИСТЕМ TiМокренко А.А., *ассистент*

Сумский государственный университет, г. Сумы

На сегодняшний день возрастает потребность в материалах с развитой морфологией в связи с их широким применением в микроэлектронике, химии, медицине. Существует ряд способов получения пористых материалов, таких как прессование, прокатка, изостатическое компактирование, распыление расплавленного металла и др. Перечисленные методы требуют сложного технологического оборудования и специальной подготовки исходного материала.

Для получения пористых покрытий Ti использовали метод вакуумного осаждения вещества в накопительной ионно-плазменной системе. Конденсация осуществлялась на монокристаллические (KCl) и аморфные (стекло) подложки. Мощность, подводимая к распылителю, составляла 10 Вт, температура подложкодержателя – 300 К, давление аргона в рабочей камере 2.9 – 4.3 Па, который предварительно очищался по специальной методике, что позволило уменьшить давление остаточных газов до 10^{-7} Па.

Исследование пленок осуществлялось при помощи просвечивающей (ПЭМ) и растровой (РЭМ) электронных микроскопий. Установлено, что на начальном этапе роста происходит образование сплошной мелкодисперсной пленки Ti. Анализ электронограмм показал наличие дифракционных максимумов, которые, согласно справочным данным, принадлежат ГПУ-решетке Ti. РЭМ-исследования образцов, полученных при продолжительной конденсации (более 4 часов) на стеклянные подложки, показали образование на базовом непористом слое слабосвязанных между собой кластеров округлой формы. С увеличением времени конденсации изменяются размеры структурных фрагментов при сохранении общего характера морфологии поверхности. В случае продолжительной конденсации на подложки KCl пленка Ti состоит из слабосвязанных кристаллов, габитусы которых построены на базе определенных кристаллографических плоскостей. Установлено, что структурообразование пленок Ti определяется степенью приближения системы пар-конденсат к равновесному состоянию.

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛІ ВІДГАЛУЖУВАЧА НА БАЗІ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ХВИЛЕВОДІВ З МЕТАЛЕВИМ ЕКРАНОМ

Кривець О.С., доцент; Загайко І.В., студентка;
Щетініна С.Ю., студентка
Сумський державний університет, м. Суми

Розширення сфер застосування випромінювання субміліметрового та оптичного діапазонів вимагає розробки та створення не тільки джерел випромінювання, а й відповідної елементної бази. Одними із таких пристроїв є спрямовані відгалужувачі на базі діелектричних хвильоводів, призм та пластин. Однак разом з їх перевагами, данні відгалужувачі мають сильну залежність коефіцієнта розподілення від взаємної відстані між хвильоводними системами.

В даній роботі проведене чисельне моделювання, з використанням методу кінцевих різниць для моделі відгалужувача на базі двох діелектричних хвильоводів з розподіленим зв'язком. На відміну від вже відомих відгалужувачів даного типу запропоновано використовувати для впливу на коефіцієнт розподілення енергії, що передається та відгалужується, металевий екран, який розміщується назовні з відстанню b від одного з діелектричних хвильоводів.

Результати чисельного моделювання електродинамічних характеристик вищенаведеної моделі відгалужувача дозволяють зробити висновки про наявність ефективного впливу на коефіцієнт розподілення варіюванням параметра b та довжини металевого екрану в частотному діапазоні $f = 30 \div 37$ ГГц. Також можна відмітити суттєве зменшення чутливості коефіцієнта розподілення від параметра b в порівнянні з впливом відстані між діелектричними хвильоводами, що може дозволити відмовитися від заповнення міжхвильоводного простору діелектричними рідинами. Наявність зміни коефіцієнта проходження хвилі в основному хвильоводному тракті та тракті відгалуження від $0,6 \div 0,9$ до $0,05 \div 0,1$ при зміні b дає можливість реалізації перемикача енергетичних потоків чи сигналів. Автоматизувати перемикання можна заміною металевого екрану напівпровідниковою пластиною, що під дією зовнішніх факторів буде змінювати свою провідність.

Робота виконана при підтримці д/б теми № 0112U001379.

NUMERICAL SIMULATION OF THE TOPOLOGICAL STRUCTURE OF THE COMPUTER NETWORKS

Koneva O., *student*; Borisyuk V., *senior teacher*
Sumy State University, Sumy

Complex networks describe a wide range of high-tech and intellectual importance systems. For example, the Internet - a complex network of routers and computers connected by various physical and wireless connections or the World Wide Web is a huge network of web pages related by hyperlinks [1].

In general, complex network is a structure formed by nodes (or vertices) and connecting links (edges). Usually it considered through adjacency matrix A with element a_{ij} equal 1 if nodes i and j are connected and 0 otherwise.

At the present time there are three basic concepts for real-world networks modeling: the model of random networks (Erdos-Renyi), the small-worlds model (Watts-Strogatz) and the Barabashi-Albert model. In proposed work, Barabashi-Albert procedure of preferential attachment has been used for modeling the structure of the Internet, as this concept takes into account the growth of the network with the lapse of time.

In analyzing of network topology, following statistical parameters have been used: average path length, clustering coefficient, and correlation profile [2]. All quantities were obtained by numerical calculation from the adjacency matrix of the simulated network. All pair shortest paths were obtained through bread-first search algorithm.

The topology of the Internet has been studied at the level of routers that are the vertices and edges - physical connections between them. Analysis of the structure and properties was carried out for networks with different initial number of nodes. It was found that independently of the initial number of network elements, in all cases was obtained by a power-law distribution function of the degrees of nodes.

1. M.E.J. Newman, *SIAM Rev.* **45**, 167 (2003).
2. R. Albert, A.-L. Barabasi, *Rev. Mod. Phys.* **74**, 47 (2002).

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЯЗАННЫХ ОТКРЫТЫХ РЕЗОНАТОРОВ

Рубан А.И., *доцент*; Дорошенко Д.Ю., *аспирант*;
Никонец А.Н., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Оротрон и генератор дифракционного излучения, принцип работы которых основан на использовании когерентного эффекта Смита-Парселла, к настоящему времени достаточно изучены теоретически и экспериментально. Одним из путей развития таких устройств является совершенствование их электродинамической системы, с целью расширения функциональных возможностей и повышения эффективности преобразования энергии электронного потока (ЭП) в энергию излучения. К настоящему времени предложены устройства дифракционной электроники на связанных открытых резонаторах (ОР), которые по сравнению с однорезонаторными ГДИ обладают рядом преимуществ: имеют более широкий диапазон электронной перестройки частоты, могут эффективно использоваться в качестве усилителей мощности и умножителей частоты. Связь ОР в таких устройствах реализована либо через дифрагированное на краях зеркал поле, путем последовательного расположения резонаторов вдоль оси ЭП, либо через дифрагированное на ленточных решетках поле, путем параллельного включения ОР относительно оси ЭП.

Моделирование волновых процессов в связанных ОР проведено с источником излучения в виде планарного диэлектрического волновода. Исследованы резонансные характеристики колебаний и спектры резонансных частот связанных ОР, которые характеризуют возможность возбуждения в данных резонансных системах ограниченного количества TEM_{mnq} типов колебаний, базовые измерения аналогичных характеристик проведены для одиночных полусферического и сферического ОР.

Таким образом, установлено, что с точки зрения расширения полосы пропускания открытых резонансных систем, предпочтительным является связанный ОР со связью через ленточные дифракционные решетки, который в случае реализации на его основе устройств дифракционной электроники обеспечивает также минимальные габариты прибора вдоль оси ЭП.

SIMULATION OF THE Ti COATING MATERIALS DEPOSITION PROCESS

Sergienko M.V., *student*, Borisyuk V.M., *senior teacher*
Sumy State University, Sumy

Surface coating is one of the most effective ways of the material improving. It has a wide range application because of possibility of significant increasing of materials characteristics such as wear resistance, strength and toughness, the ability to resist short-term high-energy impact, temperature stability, etc.

The properties of the coated material are strongly depended on the deposition parameters such as adatom energy, compound of the sputtered substance and others. One of the possible ways to verify the characteristics of the modified material without performing the deposition is a numerical simulation. Molecular dynamics (MD) is a computer simulation of physical movements of atoms and molecules. A MD simulation requires the definition of a pairwise potential, such as Lennard-Jones or a description of the terms by which the particles in the simulation will interact. A pairwise potential implies that the interaction of two particles depends on their relative position and does not depend on the position of others. For simulation of the deposition process the embedded atom model (EAM) is used to realistically predict the effects of the many factors affecting the surface growth. It assumes that the crystal energy is the sum of a pairwise potential and an energy required to embed an atom into a local medium with a given electron density [1].

The deposition process of the Ti and Zr mixture onto Fe (100) facet was simulated through MD algorithm. The deposition rate and mixture compound were chosen according to existed experimental data. The adhesion forces and radial distribution function of the structure obtained by MD simulation were calculated. The results of the simulation are verified by the experiments.

1. X.W. Zhou, et al., *Acta. Mat.* **49**, 4005 (2001).

ФОРМИРОВАНИЕ КОНДЕНСАТОВ МЕДИ ПУТЕМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ КВАЗИРАВНОВЕСНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Белан Ю.В., студент; Косминская Ю.А., доцент;
Перекрестов В.И., профессор; Корнющенко А.С., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

В работе исследуется структурообразование медных конденсатов на позднем этапе роста в процессе осаждения паров, полученных модифицированным магнетронным распылением в режиме квазиравновесной конденсации. Технологическая особенность такого подхода к осаждению металлических слоев состоит в использовании предельно слабых осаждаемых потоков вещества, повышенных давлений рабочего газа ~ 10 Па и осаждении с использованием как прямых потоков, так и обратных диффузионных потоков распыленного вещества.

Ранее был исследован начальный этап роста медных пленок в данных условиях, и было обнаружено [1], что зарождение происходит лишь на активных центрах ростовой поверхности и дальнейшее формирование конденсата идет в отсутствие ростовой коалесценции. Результатом непродолжительной конденсации (~ 20 мин) является трехмерная сетка из нанокластеров Cu. Поскольку результат отличается от общепринятых представлений о структуре металлических пленок, то возможно, что при продолжительной квазиравновесной конденсации (\sim нескольких часов) результирующая структура также будет отличаться от известных, что обычно классифицируют согласно структурным зонным моделям (SZM) [2]. Так, в работе обнаружено, что формируется высокопористая структура с округлыми или ограниченными структурными фрагментами, где постепенно формируется развитая система вискероv Cu. Это подтверждает ранее получен результат по формированию вискероv Ni. Структурные исследования проводились с помощью просвечивающей электронной микроскопии и атомно-силовой микроскопии.

1. В.И. Перекрестов, А.С. Корнющенко, Ю.А. Косминская, *Письма в ЖЭТФ* **86**, 879 (2007).
2. A. Anders, *Thin Solid Films* **518**, 4087 (2010).

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА ПОДЛОЖКЕ

Хандрико М.Н., студент; Бабич Е.В., студент; Чадюк В.А., доцент
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев

В настоящее время для управляемого плоского перемещения наночастиц любой природы используют дорогостоящие сканирующие зондовые микроскопы. В нашей лаборатории разработана достаточно простая технология позиционирования и фиксации наночастиц на подложке, которая может быть использована при исследовании нанoeлектронных процессов.

Вначале готовится коллоидный раствор наночастиц в ацетоне, в котором предварительно растворено небольшое количество полиметилметакрилата (ПММА). Капля этого раствора помещается на подложку, которой служит предметное стекло для микропрепаратов. При быстром вращении подложки в центрифуге капля растекается по поверхности и застывает в виде пленки толщиной порядка микрометра. Подложка устанавливается на предметный столик телевизионного ультрамикроскопа, который имеет двухкоординатный пьезопривод, позволяющий перемещать подложку с точностью 4 нм.

При освещении нижней поверхности подложки косым лазерным пучком свет рассеивается на наночастицах. На изображении подложки, наблюдаемом на мониторе ультрамикроскопа, наночастицы видны в виде светлых пятен, размер и яркость которых зависит от размеров наночастиц, что позволяет отбирать наночастицы нужного размера.

Для перемещения выбранной наночастицы вдоль подложки на ее поверхность под углом 60° падает сверху сходящийся лазерный пучок с длиной волны 532 нм и мощностью свыше 100 мВт, образуя на подложке фокальное пятно эллиптической формы со средним размером порядка 1 мкм. Излучение, поглощенное наночастицей, нагревает ее, создавая в пленке область расплава диаметром в несколько микрометров, в которой наночастица дрейфует под действием силы светового давления. Совмещая дрейф наночастицы с перемещением подложки, можно переместить наночастицу в нужную позицию. В отличие от метода лазерного пинцета, перемещающего только диэлектрические наночастицы, данный метод применим к любым наночастицам, допускающим нагревание.

СТАТИСТИЧНА ПОЛЬОВА ТЕОРІЯ В РАМКАХ БАЗОВО-ДЕФОРМОВАНОГО ЧИСЛЕННЯ

Давиденко Т.О., *аспірант*; Шуда І.О., *доцент*
Сумський державний університет, г. Суми

За останні роки значно виріс інтерес до дослідження складних статистичних систем [1]. Поведінка таких систем визначається дальністю, ефектами довготривалої пам'яті та уповільненою кінетикою. Характерною особливістю є незмінність об'єму їх фазового простору при деформації, що комбінує стиснення (розтягнення) координати та розтягнення (стиснення) імпульсу. З формальної точки зору теорія складних систем базується на деформації логарифмічної та експоненційної функцій, яка видозмінює ентропію Больцмана-Гіббса таким чином, що функція розподілу набуває або дальності степеневі асимптотики, або обривається на кінцевих значеннях енергії [2].

В рамках польового формалізму, який є одним з найбільш потужних методів дослідження статистичних систем, розвинута польова схема, яка відповідає базово-деформованому численню.

Побудований твірний функціонал та знайдений його зв'язок з корелятором, вираженим через базово-деформовану похідну. При гармонічному наближенні визначені явні вирази для одновузельних статистичних сум і моментів параметра порядку в залежності від параметрів деформації q . Статистична сума в логарифмічних координатах має симетричний вид по відношенню до точки максимуму $q = 1$. Крім того була введена пара адитивних функціоналів, розклад яких в деформовані ряди дає набір багатоточкових функцій Гріна. Записані рівняння для твірного функціонала систем, які є симетричними по відношенню до деяких варіацій поля. Відмінною особливістю отриманого базово-деформованого статистичного розподілу є його обривання при великих значеннях енергії, що перешкоджає появі розбіжності в складних системах, котрим притаманна дальність.

1. M. Gell-Mann, C. Tsallis, *Nonextensive Entropy: Interdisciplinary Applications* (Oxford: Oxford University Press: 2004).
2. A. Lavagno, A.M. Scarfone, et. al, *Eur. Phys. J. B*, **50**, 351 (2006).

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА МЯГКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Панасенко Е.В., студент; Косминская Ю.А., доцент;
Перекрыстов В.И., профессор; Корнющенко А.С., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

В настоящее время проводятся активные исследования структурообразования наноструктурных металлических пленок на полимерных поверхностях, а также особенностей формирующейся границы раздела металл-полимер. Это связано с применением данных структур в современных устройствах микроэлектроники, плазмоники.

Как правило, нанесение металлических кластеров или сплошных пленок производят методами термического или электронно-лучевого испарения, ионного распыления. К общепринятым закономерностям структурообразования относят последовательные стадии формирования металлических каплевидных островков (кластеров), червеобразных островков, их коалесценцию, перколяцию и образование сплошной структуры. Причем, в ряде случаев наблюдаются диффузия атомов металла вглубь полимера и кластерообразование уже в приповерхностном слое полимера. В действительности, структура и параметры пленки, как например, размеры кластеров, порог перколяции, минимальная толщина сплошной пленки, существенно зависят от вида материалов, методов нанесения пленки и технологических условий процесса.

Для некоторых задач плазмоники кластеризация пленки является нежелательным явлением, т.к. существует необходимость нанесения на рельефную поверхность сверхтонкой и сплошной пленки [1]. В данной работе исследуется возможность минимизации кластерообразования, используя метод магнетронного распыления и основываясь на ранее полученных результатах по осаждению тонкого метастабильного аморфного слоя хрома [2].

1. L. Fu, H. Schweizer, et. al, *J. Opt. Soc. Am. B* **26**, B111 (2009).
2. В.И. Перекрыстов, Ю.А. Косминская, *Вісник СумДУ* **10** №69, 37 (2004).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, РАССЕЯННЫХ НА ДОФРАКТАЛЬНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТКАХ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

Салогуб А.Н.¹, аспирант; Кошевой А.Г.², ст. преп.

¹Институт радиофизики и электроники
им. А. Я. Усикова НАН Украины, г. Харьков

²Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

С момента опубликования ряда книг Бенуа Мандельброта, посвященных фрактальным множествам и их применениям, установлено, что фрактальный характер имеет большинство объектов естественного происхождения, – от облаков и береговых линий до нейронов головного мозга и костных тканей человека. Установлена также и фрактальность динамики многих процессов – от цикличности разливов Нила до динамики изменения стоимости ценных бумаг [1]. Большой интерес в последнее время проявляется к исследованию и применению фрактальных структур в радиофизике и оптике. Активно исследуется фрактальная структура мод неустойчивых лазерных резонаторов [2], разрабатываются фрактальные интерференционные зеркала и фрактальные антенны [3]. В ряде работ исследована дифракция Фраунгофера на амплитудных экранах, функция пропускания которых соответствует различным фракталам [4]. Детальный теоретический анализ взаимодействия плоской электромагнитной волны с дофрактальными дифракционными решетками приведен в работах [5, 6].

В настоящей работе предложено описание экспериментального стенда для исследования процессов дифракции волн на рассеивающих дофрактальных структурах. Также приведены результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований характеристик рассеяния электромагнитных волн на дофрактальных дифракционных решетках с изменяемой размерностью Хаусдорфа.

Измерения спектральных характеристик и распределения полей дифракции на исследуемых структурах проведено на компьютеризированном стенде в диапазоне частот 36-50 ГГц [7]. Экспериментальный стенд состоял из двухкоординатного и кругового сканеров, высокочастотного модуля, системы управления и персонального компьютера. Двухкоординатный сканер позволял перемещать пассивные и

активные зонды в плоскости размером 800×800 мм² с минимальным шагом 0,1 мм. Круговое сканирование использовалось для исследования диаграмм рассеяния прошедших волновых пучков в диапазоне углов ± 50 градусов. Дофрактальные структуры располагались в поле квазиплоской волны, сформированной рупорно-линзовой антенной. Исследовались спектры пропускания и диаграммы направленности прошедших полей.

Дофрактальные дифракционные решетки (ДФДР) в виде систем проводящих лент и щелей, с размерами соответствующими определенным стадиям построения фрактального множества с переменной фрактальной размерностью, изготавливались методом фотолитографии из фольгированного стеклотекстолита и фольгированного фторопласта.

Теоретический расчет параметров дофрактальных структур проведен на основе математической теории самоподобных фракталов [1]. Исследовались ДФДР второй и третьей стадий генерации. Электромагнитные характеристики дофрактальных дифракционных решеток получены теоретически с использованием метода интегральных уравнений, численно-аналитического метода регуляризации Векуа-Карлемана и прямого метода механических квадратур [5,6]. Экспериментально измеренные диаграммы направленности прошедшей Е-поляризованной электромагнитной волны качественно соответствуют результатам, полученным теоретически.

Руководитель: Деркач В.Н.¹, с.н.с.

1. Е. Федер, *Фракталы* (Москва: Мир: 1991).
2. М.А. Yates, G.H.C. New, *Opt. Commun.* **208**, 377 (2002).
3. В.И. Слюсар, *Радиоаматор* **9**, 54 (2002).
4. М. Lehman, *Opt. Commun.* **195** No1-4, 11 (2001).
5. Г.И. Кошовый, *Радиофізика та електроніка* **1**, 3 (2011).
6. Г.И. Кошовый, *Радиофізика та електроніка* **4**, 14 (2011).
7. В.Н. Деркач, Р.В. Головащенко, С.И. Тарапов, *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо '2011)*, 920 (2011).

СЕКЦІЯ 4

«ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У МАТЕРІАЛАХ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ»

СТРУКТУРНО-ФАЗОВИЙ СКЛАД, МАГНІТНІ ТА МАГНІТО-РЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ КОБАЛЬТУ І ГАДОЛІНІЮ

Воробйов С.І., *аспірант*; Шутильєва О.В., *студент*;
Гончаренко О.О., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

На даний час велика увага дослідників приділяється вивченню магнітних і магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі 3d-перехідних і рідкоземельних металів, які можуть бути використані у спин - вентильних структурах [1]. До таких систем відносяться тришарові плівки на основі Co і Gd, дослідженню властивостей яких присвячена дана робота.

Зразки були отримані в об'ємі вакуумної камери ($p = 10^{-4}$ Па) методом термічного (Gd) та електронно - променевого (Co) напилення. Як підкладки використовувались пластини ситалу (магнітні властивості) та плівки-підкладки з вуглецю (структурно - фазовий склад).

Структурно - фазові дослідження тришарових плівок Co / Gd / Co показали, що плівки у свіжосконденсованому стані мають фазовий склад ГЦП-Co + ГЦК-GdH₂. Дослідження магніторезистивних властивостей плівок, проводилося за допомогою автоматизованого програмно - апаратного комплексу [2] за чотириточковою схемою вимірювання. Магнітні властивості досліджувалися методом вібраційної магнітометрії. Було встановлено, що при зміні орієнтації досліджуваного зразка відносно магнітного поля характер залежності залишається незмінним, а змінюється лише величина магнітоопору і значення коерцитивної сили (H_c), що свідчить про ізотропність властивостей зразків. Наприклад, для системи Co(30) / Gd(10) / Co(30) / П (П - підкладка, в дужках товщина в нм), при переході від перпендикулярної орієнтації відносно магнітного поля до поперечної, коерцитивність зменшується від 1016 до 36 Н (Е), а величина магнітоопору змінюється від 0,29 до 0,34%.

Керівник: Черноус А.М., *професор*

1. Y.L. Yaropolova et. al, *J. Alloy. Compd.* **509**, 830 (2011).
2. М.Г. Демиденко, С.І. Проценко та ін., *Ж. нано- електрон. фіз.* **3**, 106 (2011).

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛІВОК, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ

Бересток Т.О., студент; Опанасюк Н.М., доцент;
Курбатов Д.І., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Плівки ZnS отримані методом хімічного осадження є перспективним матеріалом для створення антивідбивних та віконних шарів сонячних елементів великої площі. Однак для нанесення шарів з потрібними експлуатаційними характеристиками необхідно оптимізувати умови осадження та концентрацію і склад вихідних розчинів.

Нами досліджувалися плівки отримані шляхом хімічного осадження з водного розчину суміші сульфату цинку ($ZnSO_4$) та тіамочевини ($CS(NH_2)_2$) з різними концентраціями речовин. Осадження проводилося на попередньо очищене покрівне скло, яке вносилося в розчин, що знаходився при кімнатній температурі. В деяких випадках суміш розчинів $ZnSO_4$ та $CS(NH_2)_2$ нагрівалася до $T = 85^\circ C$. Час осадження плівок змінювався від 15 до 120 хвилин. Після отримання, шари відпалювали у вакуумі при $T_B = 500^\circ C$. В ряді випадків відпалювання проводилося на повітрі при $T_B = 200^\circ C$.

Структурні дослідження отриманих плівок були виконані на автоматизованому рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni – фільтрованому K_α випромінюванні мідного анода. Фазовий аналіз проводився шляхом співставлення міжплощинних відстаней і відносної інтенсивності від досліджених зразків та еталона за даними JCPDS. Текстура отриманих плівок була досліджена за методом Харріса. Рентгенографічний метод був також застосований для визначення середнього розміру областей когерентного розсіювання (ОКР) L у плівках сполук за напівшириною дифракційних ліній.

В результаті досліджень встановлено, що отримані плівки відповідали сполуці $Zn_4SO_4(OH)_6$ з триклинною структурою. Вони були текстурованими та мали текстуру росту [0-13]. Розмір ОКР складав $L_{(002)} = (27,3-33,9)$ нм та визначався режимами отримання плівок. Відпал тонких шарів у вакуумі приводив до розкладання сполуки $Zn_4SO_4(OH)_6$ та утворення плівок ZnS. Відпалювання вихідних шарів на повітрі приводило до їх окислення та утворення плівок твердого розчину ZnS_xO_{1-x} .

ВИЗНАЧЕННЯ ШИРИНИ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ ПЛІВОК СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ ДЛЯ ВІКОННИХ ШАРІВ СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Іващенко М.М., *молодший науковий співробітник*;
Зерніченко А.О., *студент*; Опанасюк А.С., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Селенід цинку (ZnSe) – прямозонний напівпровідник *n*-типу провідності, що входить до групи сполук A_2B_6 . Цей матеріал, завдяки своїй ширині забороненої зони ($E_g = 2,72$ еВ при 300 К) має перспективу застосування як альтернативний CdS віконний шар одно перехідних та тандемних сонячних елементів (СЕ) [1].

Такий параметр, як ширина забороненої зони, є важливою характеристикою віконного матеріалу оскільки визначає світловий потік, що досягає поглинального шару СЕ. У випадку полікристалічного напівпровідника значення E_g визначається присутністю протяжних дефектів та відхиленням складу від стехіометричного.

Метою дослідження було встановлення впливу режимів отримання на ширину забороненої зони плівкового матеріалу.

Нанесення плівок ZnSe проводилося у вакуумній установці ВУП-5М. Режими конденсації: температура випарування $T_e = 1073$ К; температура підкладки $T_s = (373-973)$ К; час нанесення $t = 2$ хв. Оптичні дослідження проводилися на спектрофотометрі СФ-26 у діапазоні довжин хвиль $\lambda = (300-600)$ нм.

За спектральними розподілами коефіцієнтів пропускання $T(\lambda)$ та відбивання $R(\lambda)$ були визначені коефіцієнти поглинання $\alpha(\lambda)$ матеріалу. Це у подальшому дало змогу розрахувати ширину забороненої зони сполуки із залежності $(\alpha h\nu)^2 - h\nu$.

В результаті досліджень було встановлено, що ширина забороненої зони плівкового матеріалу збільшувалася від $E_g = 2,75$ еВ ($T_s = 373$ К) до 2,81 еВ ($T_s = 973$ К). Даний ефект можна пояснити покращенням кристалічної структури матеріалу, збільшенням розмірів зерен та областей когерентного розсіювання, зменшенням кількості структурних дефектів та рівня мікрореформацій у плівках.

1. D. Hariskos, S. Spiering, M. Powalla, *Thin Solid Films* **480**, 99 (2005).

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ТА
МАГНІТОРЕЗИСТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВКОВИХ
СИСТЕМ НА ОСНОВІ Co I Cr**

Кондрахова Д.М., аспірант; Проценко І.Ю., професор
Сумський державний університет, Суми

У роботі були проведені експериментальні дослідження структурно-фазового стану, терморезистивних та магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі Co і Cr з різною товщиною шарів. Плівки одержувались методом послідовної конденсації, товщина при цьому контролювалась методом кварцевого резонатора, що дозволило отримати багат шарові плівкові системи з різною концентрацією компонент [1].

Розшифровка електронограм для плівкових систем Co/Cr свідчить про дрібно дисперсність плівок та їх двофазний склад (ГЦК-Cr + ГЦП-Co), а також про присутність оксиду Cr_2O_3 в даних системах. Після термовідпалення до $T_g = 600$ K та подальшому охолодженні до 300 K на електронограмах від зарізків, в яких концентрація атомів Co складала більше 60%, фіксуються лінії від ГЦК-Co в результаті поліморфному переходу ГЦП-Co \rightarrow ГЦК-Co. Були отримані розмірні залежності питомого опору та ТКО для плівкових систем Co/Cr при різних температурах відпалювання (400 і 600 K). В усіх випадках величина ТКО поступово збільшується з ростом товщини, виходячи на насичення. Згідно з експериментальними дослідженнями, величина магнітоопору в багат шарових плівкових системах Co/Cr більша при поперечній геометрії вимірювання, що свідчить про наявність анізотропного магніторезистивного ефекту, який зберігається і після термовідпалення. Збільшення концентрації Co в системі призводить до зменшення величини МО від $\Delta R/R_s = 4,4$ % для зразка Cr(15)/Co(10)/Cr(10)/П до $\Delta R/R_s = 0,28$ % для Cr(15)/Co(15)/Cr(15)/П в повздовжній геометрії та збільшення МО в поперечній геометрії вимірювання відповідно.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми.

1. Кондрахова Д.М., Синашенко О.В., Проценко І.Ю., *Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies*. **9**, 589 (2011).

ТЕРМІЧНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ГМО ТРИШАРОВОЇ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ

Шумакова М.О., студент

Сумський державний університет, м. Суми

Експериментальні дослідження явища гігантського магнітного опору (ГМО) вказують на те, що воно пов'язане із спин-залежним розсіюванням електронів (СЗРЕ) [1], які рухаються по двом паралельно з'єднаним спіновим каналам із великим (R) і малим (r) опором [2]. Великий опір спінового каналу спричиняється тими електронами, у яких спіновий магнітний момент направлений протилежно магнітному моменту феромагнітного шару і навпаки при паралельній орієнтації.

Виходячи із т.зв. резистивної моделі [2], у нашій роботі проаналізоване маловивчене питання про термічний коефіцієнт ГМО. Розглянута тришарова спин-вентильна структура, в якій верхній і нижній магнітні шари розділені немагнітним шаром, при перпендикулярній орієнтації магнітного поля і протікання струму. Актуальність проблеми полягає в тому, що, згідно експериментальних даних, величина ГМО зменшується при збільшенні температури, але залишається малозрозумілим механізм цього зменшення. У рамках резистивної моделі отримано співвідношення для ТКГМО

$$\beta_{\text{ГМО}} = \frac{2(R^2\beta_R - Rr\beta_r + r^2\beta_r)}{(R-r)^2} - (\beta_R + \beta_r), \quad (1)$$

аналіз якого вказує на те, що від'ємне значення $\beta_{\text{ГМО}}$ забезпечується низькоомним спіновим каналом із величиною $\beta_r \sim 10^{-2}-10^{-3} \text{ K}^{-1}$ при $\beta_r/\beta_R \cong 10$.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

1. А. Ферт, *УФН*. **178**, 1336 (2008).
2. О.В. Третьяк, *Фізичні основи спінової електроніки* (Київ: ВПЦ «Київський університет»: 2002).

**МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ПЛІВКОВИХ НАНОСТРУКТУР
НА ОСНОВІ Al ТА Cu**

Сігало А.О., студент; Шевченко С.І., студент;
Шуляк О.А., студент; Степаненко А.О., асистент
Сумський державний університет, м. Суми

У роботі запропонована методика отримання плівкових наноструктур на основі Al та Cu, яка складається з декількох етапів. На аморфні вуглецеві підкладки при температурі 725 К методом термічного випаровування конденсують острівцеву плівку алюмінію (товщина 8 – 15 нм). Осадження другого шару суцільної полікристалічної плівки міді (6 – 20 нм) відбувається при температурі підкладки 300 К. Наступним етапом є термовідпалювання до температури плавлення масивного алюмінію (933 К), що приведе до структурно-фазових перетворень у системі. Конденсація плівок відбувається у робочому об'ємі установки ВУП-5М (тиск 10^{-3} Па) зі швидкістю ~ 2 нм/с. Товщину зразків визначали за допомогою інтерферометра МП-4.

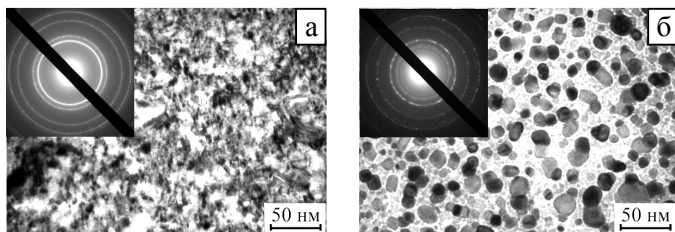


Рисунок 1 – Двокомпонентна система Cu(18 нм)/Al(10 нм) у свіжесконденсованому (а) та відпаленому до 933 К (б) станах.

Результати електронно-мікроскопічних досліджень (прилад ПЕМ-125К) отриманих наноструктур (рис. 1) показали наступне. У свіжесконденсованому стані двокомпонентна плівка представляє собою твердий розчин Al-Cu на базі ГЦК-Cu з параметром кристалічної ґратки 0,373 нм. Після відпалювання до 933 К, внаслідок твердофазних реакцій і рекристалізаційних процесів, суцільна полікристалічна плівка перетворюється у наноструктуровану, що складається з двох інтерметалідних фаз: CuAl_2 та Cu_9Al_4 . Процес супроводжується зростанням питомого опору на 40 %.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВИЙ СТАН ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ПЛАТИНИ

Пазуха І.М., старший науковий співробітник;

Панченко С.А., студент

Сумський державний університет, м. Суми

У роботі представлені результати вивчення фазового стану, особливостей мікроструктури та електрофізичних властивостей (питомий опір та температурний коефіцієнт опору (ТКО)) плівок Pt, що були отримані методом термічного випарування при температурі 300 К у стандартній вакуумній установці ВУП-5М (тиск газів залишкової атмосфери 10^{-3} - 10^{-4} Па) та відпалених до температури 630 К. Встановлено, що структурний стан плівок Pt до та після термовідпалювання відповідає ГЦК-Pt з середнім параметром кристалічної ґратки $\bar{a}(Pt) = 0,388$ нм, що відповідає величині параметра ґратки для масивних зразків $a_0 = 0,387$ нм. Аналіз кристалічної структури показав, що плівки Pt нанорозмірні (середній розмір кристалітів $\bar{L} = 3$ нм), причому відпалювання до 630 К майже не впливає на кристалічну структуру, оскільки зразки залишаються нанорозмірними з середній розмір кристалітів $\bar{L} = 5$ нм.

Дослідження температурної залежності питомого опору плівкових зразків проводилось при відпалюванні зразків у вакуумі протягом двох циклів «нагрівання-охолодження». Протягом першого циклу нагрівання відбувається заліковування дефектів кристалічної будови і при охолодженні та протягом другого термостабілізаційного циклу залежність має поведінку характерну для металів (при збільшенні температури опір зростає). Розрахунок величини ТКО, який проводився за загальновідомим співвідношенням $\beta = \frac{1}{\rho_n} \frac{d\rho}{dT}$ показав, що для плівок Pt характерне значення $\beta \sim 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

**СТРУКТУРА ТА ФАЗОВИЙ СТАН ПЛІВКОВИХ СПЛАВІВ
НА ОСНОВІ Ni I Fe**

Шабельник Т.М., студент; Тищенко К.В., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Сплави на основі Ni та Fe широко використовуються в сучасній науці та техніці, для них характерні такі властивості, як низька коерцитивна сила та висока магнітна проникність. Фазоутворення в масивних сплавах насьогодні вивчене досить детально, в той же час питання фазоутворення у плівках залишається маловивченим.

Плівковий сплав отримувався у вакуумній камері установки ВУП – 5М з тиском залишкових газів $\sim 10^{-4}$ Па, вивчення структури та фазового стану проводилось методами просвічуючої електронної мікроскопії та електронографії (прилад ПЕМ–125К). Концентрація атомів компонент знаходилась методом енергодисперсійного аналізу (прилад ПЕМ–103).

Було показано, що у свіжосконденсованих плівках утворюються дві фази: ГЦК - Ni₃Fe з параметром решітки $a = 0,354 \pm 0,001$ нм та ОЦК - фаза із $a = 0,286 \pm 0,001$ нм, яка відповідає α - фазі сплаву (Ni - Fe). При відпалюванні до $T_g = 600$ К спостерігається утворення фази ГЦК - NiFe із $a = 0,359 \pm 0,001$ нм, яка частково заміщує фазу Ni₃Fe, а з підвищенням температури відпалювання до 800К відбувається повне її заміщення. Згідно даних [1] при температурі $T_g \cong 900$ К повинна утворюватись фаза NiFe₃.

За даними електронно-мікроскопічних досліджень свіжосконденсовані плівки мають типову для магнітних плівок лабіринтну структуру, яка частково розупорядковується при $T_g = 600$ К та зникає при $T_g = 800$ К. Розмір зерен у невідпалених плівках 5-10 нм і збільшується з підвищенням температури відпалювання до 15-18 нм при $T_g = 800$ К.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

1. В.С. Жигалов, В.Г. Мягков и др., *Вестник КрасГУ. серия Физико – математические науки*, **4**, 54 (2005).

ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Ag ТА Co

Дегтярьов Д.О., студент; Пустовіт С.В., студент;
Макуха З.М., аспірант

Плівки на основі Ag та Co більш детально вивчені на наявність ефекту гігантського магнітоопору, дослідження дифузійних процесів та структурно-фазового стану, але питання поведінки таких систем при деформації залишається маловивченим.

Були проведені дослідження тензорезистивних властивостей багатошарових плівкових систем на основі Co та Ag. Типові результати представлені на рисунку 1.

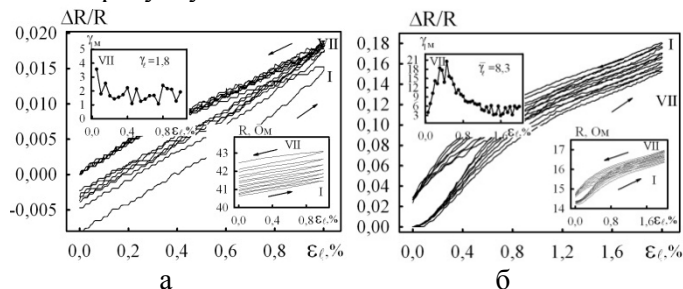


Рисунок 1 – Залежність $\Delta R/R$, γ_i і R від ϵ_l для Ag(20)/П при $\Delta\epsilon_{l1} = 0-1\%$ (а) та Ag(35)/Co(45)/П при $\Delta\epsilon_{l2} = 0-2\%$ (б)

Плівки Ag мають відносно невелике значення середнього коефіцієнту тензочутливості: $\gamma_l = 1,5-1,9$ од., яке зменшується зі зростанням товщини у відповідності з розмірною залежністю. Деформація зразків відбувається в області плужної деформації, переходу до пластичної в даному діапазоні не відбувається.

У багатошарових плівкових системах на основі Ag та Co спостерігається перехід до пластичної деформації, про що свідчить пік на залежності миттєвого КТ від деформації. Коефіцієнт тензочутливості знаходиться в межах $\gamma_l = 2,5-8,3$ од. Оскільки досліджувані зразки характеризуються повторюваністю циклів, то їх можна використати як чутливі елементи датчиків деформації.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

**ТЕНЗО- І МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВКОВИХ
ЗРАЗКІВ НА ОСНОВІ Pd/Fe**

Кузнецова А.О., студент; Волкова О.Л., студент
Сумський державний університет

Багатошарові наноструктури, які складаються із шарів феромагнетиту та парамагнетиту, знаходять своє застосування як середовища для запису інформації з надвисокою щільністю, сенсорів магнітних полів з високою чутливістю, магнітної пам'яті з довільною вибіркою. Поряд з цим значно увага приділяється фізико-механічним властивостям плівкових зразків.

Дослідження тензорезистивних властивостей плівок Pd(x)/Fe(10)/Π ($x = 3-35$ нм) показали, що на деформаційних залежностях до 1 % спостерігається зміна кута нахилу кривої $\Delta R/R$ в області деформацій $\varepsilon_{\text{пер}} = 0,30-0,55$ %. Даний перехід зсувається в сторону менших напружень зі збільшенням загальної товщини плівкового зразка. Така особливість повинна враховуватися при виготовленні тензодатчиків [1]. Залежність коефіцієнту тензочутливості проявляє розмірну залежність та змінюється в межах від 3 до 12 одиниць.

Фазовий склад свіжосконденсованих зразків відповідає неупорядкованій ГЦК-PdFe фазі, що формується за рахунок процесів конденсаційно-стимульованої дифузії. Параметр решітки ГЦК-PdFe має близькі значення до параметру Pd і складає $a = 0,389$ нм. Відпалювання плівок Pd / Fe до $T = 850$ К сприяє підвищенню ступеню упорядкування.

Із характеру польових залежностей двошарових плівкових зразків Pd/Fe видно, що в них не спостерігаються ознаки гігантського магнітоопору (не виконується нерівність $(R_B - R_0)/R_0 < 0$, а сама польова залежність має анізотропний характер, де R_B, R_0 – опір в магнітному полі та за його відсутності). Величина магнітоопору для системи Pd(10)/Fe(x)/Π ($x = 10-50$ нм) змінюється в межах від 0,08 до 0,40 %, на якій відсутні осциляції.

Керівник: Ткач О.П., асистент

1. I.P.Buryk, D.V. Velykodnyi, L.V. Odnodvoretz, et al., *Tech. Phys.* **56**, 232 (2011).

ФАЗОВИЙ СКЛАД ПЛІВОК SnS, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ КВАЗІЗАМКНЕНОГО ОБ'ЄМУ

Папуницький Ю.І., студент; Коваль П.В., аспірант;
Опанасюк Н.М. доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Сполука SnS в наш час вважається одним з найбільш перспективних матеріалів для використання як поглинальний шар плівкових сонячних елементів. Це пов'язано з тим що ширина забороненої зони матеріалу ($E_g = 1,4$ eВ) є близькою до оптимальної для ефективного перетворення сонячної енергії, одночасно сполука не містить рідкісних та екологічно небезпечних металів.

Плівки SnS були отримані у вакуумній установці ВУП-5М, термічним випаровуванням у квазізамкненому об'ємі. Температура підкладки змінювалася у інтервалі $T_s = (573-673)$ К, температура випарника складала $T_e = (773-973)$ К. Час конденсації складав $t = 10$ хв.

Структурні дослідження плівок сульфідів були виконані на автоматизованому рентгендіфрактометрі ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому К α випромінюванні мідного анода.

В результаті досліджень встановлено, що отримані плівки склалися з двох фаз, а саме SnS та SnS₂ орторомбічної та гексагональної модифікації. Також були визначені найоптимальніші умови нанесення та після ростового відпалу плівок сульфідів олова.

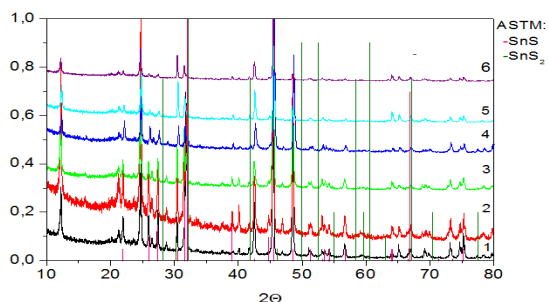


Рисунок 1 – Рентгенограми плівок SnS отриманих при різних фізико-технологічних режимах: $T_s = 573$ К, $T_e = 773$ К (1); $T_s = 573$ К, $T_e = 873$ К (2); $T_s = 573$ К, $T_e = 973$ К (3); $T_s = 673$ К, $T_e = 873$ К (4); $T_s = 673$ К, $T_e = 973$ К (5); $T_s = 573$ К, $T_e = 873$ К (6)

**ГЕТЕРОГЕННІ ПЛІВКИ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ ЯК
ТЕРМІЧНО СТІЙКІ ПРИЛАДОВІ НАНОСТРУКТУРИ**

Кіліб О.С., студент; Бурик І.П., ст. викладач
Конотопський інститут СумДУ, м. Конотоп

Питання підвищення термічної стійкості багатокомпонентних (багатошарові плівки і плівкові сплави) матеріалів на основі перехідних d-металів із високою температурою плавлення постійно знаходиться в полі зору дослідників. Високостабільними фізичними характеристиками також вирізняються гетерогенні плівки тугоплавких металів, які містять аморфні фази, оксиди, карбіди і т.п., і у багатьох випадках можуть замінити багатошарові системи.

Нами були отримані гетерогенні плівки $W+W(C,O)_x$, $Re+Re(N,O)_x$ та $Mo+Mo(C,N)_x$ у вакуумній установці ВУП-5М з використанням електронно-променевого методу осадження. Вивчення структурно-фазового складу плівок проводили методом електронної мікроскопії за допомогою мікроскопу ПЕМ-125К.

Аналіз результатів досліджень структури плівок показав, що при швидкостях конденсації $\sim 0,1$ нм/с спостерігається формування домішкових (карбідів, нітридів, оксидів та інших сполук з залишковими газами вакуумної камери) або аморфних фаз. При збільшенні швидкості конденсації до величини $\sim 1,0$ нм/с та температури підкладки до 450-500 К у вакуумі $\sim 10^{-3}$ Па вдається отримувати нанодисперсні плівки Re, Mo та W з близькими до масивних зразків параметрами кристалічних ґраток. Відпалювання при температурі 800 К гетерогенних плівок призводить до протікання твердофазних реакцій та утворення термостабільних сполук $W + W_2(C,O)$, $Re + Re(N,O)_x$ та $Mo + Mo_2(C,N)$.

Для стабілізованих в області проміжних температур гетерогенних плівок було встановлено, що при збільшенні температури фіксується незначне зменшення питомого опору. Це обумовлює від'ємну величину ТКО $\sim 10^{-4}$ - 10^{-5} К⁻¹, яка практично не залежить від температури. Розрахунок енергії активації ($\sim 10^{-3}$ еВ) носіїв заряду показав, що вона менше за енергію теплових флуктуацій ($\sim 10^{-2}$ еВ), або шуму. Таким чином, це свідчить про стабільність терморезистивних властивостей плівок.

МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРИШАРОВИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ Ni I V АБО Fe I V

Гричановська Т.М. *ст. викл.*; Шешеня Л.А., *аспірант*
Конотопський інститут СумДУ, м. Конотоп

Для розробки і конструювання пристроїв, дія яких заснована на ефекті гігантського магнітоопору, в якості природних джерел поляризованих по спіну електронів, використовуються феромагнітні 3d-метали (Ni, Fe, Co). Зазвичай, це багат шарові структури, які умовно можна розділити на надрешітки та спін-вентильні структури (пошарове перемагнічування обумовлене різною коерцитивною силою шарів, або наявністю в одному з шарів односпрямованої анізотропії).

Експериментальні дослідження показали, що товщина немагнітного прошарку, фазовий склад та шорсткість меж поділу шарів в плівкових системах Ni(45)/V/Ni(20)/П та Fe(45)/V/Fe(10)/П суттєво впливають на магніторезистивні властивості зразків.

Всі невідпалені плівкові системи, з товщиною шару ванадію $d_V < 3$ нм мали анізотропний магнітоопір, а магніторезистивні петлі для таких систем подібні до відповідних петель одношарових плівок феромагнітних металів (Ni, Fe). Відпалювання даних зразків при температурі $T_g \cong 600-650$ К супроводжується незначним збільшенням величини магнітоопору (МО).

Абсолютні значення МО невідпалених зразків з товщиною немагнітного прошарку $d_V = 3-11$ нм на порядок більші за попередні і значною мірою залежать від фазового складу та концентрації компонентів плівкової системи. В зразках де вдалося отримати чіткі межі розділу шарів, МО зростає при відпалюванні $T_g \cong 650$ К і для плівок Ni(45)/V/Ni(25)/П відпалених, складає 0,2-0,6 % для поздовжнього і 0,1-0,5% для нормального МО. Для плівкових систем з атомною концентрацією $c_{Ni} = 86-88$ ат. % спостерігається ізотропність магніторезистивних властивостей, яка виявляється у зменшенні електроопору в магнітному полі незалежно від геометрії проведених вимірювань, що можна вважати однією з ознак ГМО. Для зразків Fe(45)/V/Fe(10)/П відпалених при 650 К, МО складає 0,1-0,6 % для поздовжньої і 0,1-3,0 % для нормальної геометрій.

**MAGNETO-OPTIC PROPERTIES OF GRANULATED FILM
SYSTEMS BASED ON Ag AND Co**

Shabelnyk Yu.M.¹, *Post-graduate*; Pazukha I.M.¹, *Ph.D., Scientist*;
Medyanik K.M.², *Ph. Dr.*; Nepijko S.A.², *Dr.Sc., Professor*
¹ Sumy State University, Sumy

² Institute of Physics, University of Mainz, 7, Staudingerweg str., 55099,
Mainz, Germany

Multilayer granular film systems which consist of magnetic and non-magnetic materials were well studied [1]. These materials are still interesting for investigations due to their advantages (high sensitivity, good thermal stability, etc.). This makes it possible to use these systems for development of new ways and methods of recording and various sensors [2]. In this paper magneto-optic and magnetic properties of granulated film systems based on Ag and Co were investigated.

The sequential (Co/Ag/Co/S, where S-substrate) and simultaneous (Ag-Co)/S evaporation in vacuum with pressure 10^{-4} Pa was used for obtaining film samples. The thickness of metal films was controlled by a quartz resonator during the deposition process. Samples were annealed at 800 K. Investigations of magneto-resistive properties were carried out using the automatic system [3]. T-MOKE (transversal magneto-optic Kerr effect) was used for the determination of coercivity field (HC), saturation magnetization (BS) and remanent magnetization (BR).

In present study multilayer film systems Co/Ag/Co and alloys Ag + Co were investigated. The obtained data for thin film systems showed that MR value increases from 0.25 to 0.60 % in the system Co (18 nm)/Ag (4 nm)/Co (15 nm) with a decrease of the intermediate layer in the multilayer sample and the concentration of Ag in the alloy. The hysteresis curve shape remains unchanged during rotation of sample in magnetic field. This indicates the absence of anisotropy. The value HC increases, BS and BR remain unchanged while reducing the overall thickness in unannealed samples.

1. J. Garcia-Torres, L. Peter, et. al, *Thin Solid Films* **517**, 6081 (2009).
2. M. Pdudenziati, B. Morten, *Sensor. Actuator.* **10**, 65 (1986).
3. M.H. Demydenko, S.I. Protsenko, et. al, *J. Nano- Electron. Phys.* **3**, 106 (2011).

МАГНІТОРЕЗИСТИВНИЙ ЕФЕКТ У ТОНКИХ ПЛІВКАХ НА ОСНОВІ СПЛАВУ Fe TA Ni

Литвиненко Я.М., аспірант; Шпетний І.О., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Плівки феромагнітних сплавів на основі Fe та Ni відносяться до магнітом'яких матеріалів, що визначає їх перспективність практичного використання в приладобудуванні, наприклад, для виготовлення елементів магнітних сенсорів, зчитуючих голівок та магніторезистивної пам'яті.

Тонкоплівкові зразки $Fe_{20}Ni_{80}/P$ були отримані у вакуумній установці з тиском залишкових газів 10^{-4} Па методом термічного випаровування пермалою 79НМ з подальшим осадженням на підкладки з аморфного ситалу. Вимірювання зміни опору проводилось для свіжосконденсованих та відпалених до температур 500, 700 та 900 К зразків при перпендикулярній та поперечній орієнтаціях індукції магнітного поля відносно площини підкладки. Величина магнітоопору (МО) визначалася як $\Delta R/R_S = [(R(B) - R_S)/R_S] \cdot 100\%$, де $R(B)$ – поточне значення опору плівки в магнітному полі; R_S – опір у полі насичення.

Характерним для отриманих залежностей $\Delta R/R_S(B)$ є відмінність їх величини та форми, що свідчить про анізотропний характер МО. Особливістю перпендикулярного магнітоопору є виникнення подвійних максимумів на петлі гістерезису, що може бути пояснено процесами перемагнічування плівки. Відпалювання зразка при температурі 900 К призводить до зникнення подвійних піків та зростання коерцитивності B_C (~ 40 мТ), що не спостерігалось для свіжосконденсованих та відпалених до 500 та 700 К зразків, для яких також були відсутні значення індукції магнітного поля, при якій би спостерігалось насичення опору (B_S). Зростання коерцитивної сили пов'язане зі збільшенням розмірів зерен і доменів.

Характерним для магнітоопору зразків є збільшення його величини з підвищенням температури відпалювання для перпендикулярної та поперечної геометрії вимірювання і становить 0,025- 0,250 % та 0,035- 0,022 % відповідно.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТО-ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Fe ТА CoФедченко О.В., аспірант

Сумський державний університет, м. Суми

У роботі досліджувалися магніто-оптичні властивості плівкових систем Co/Fe/П (П – підкладка), які базуються на ефекті Керра (МО-КЕ). Вимірювання проводилися для зразків з різною комбінацією товщини шарів: Fe (25-70 нм) і Co (15-80 нм), та різною температурою відпалювання (300, 500 і 800 °С). Плівки отримувалися у вакуумі 10^{-4} Па. При конденсації Fe підкладка підігрівалась до температури Дебая. Дослідження ефекту Керра проводилися у двох геометріях (поздовжній і перпендикулярній) та при різних кутах повороту зразка в його площині. Для обробки експериментальних даних і розрахунку коерцитивності (B_C), залишкової намагніченості (B_S) та повороту Керра (Q_R) було розроблене програмне забезпечення в середовищі LabVIEW 2010.

У результаті виконання роботи встановлено, що в даних системах не спостерігається магнітна анізотропія. Однак, при різних температурах відпалювання значення коерцитивності та повороту Керра дещо відрізняються. У таблиці 1 наведені результати розрахунку для системи Co(15)/Fe(65)/П при поздовжній геометрії вимірювання та куті повороту близькому до нуля.

Таблиця 1 – Магнітооптичні параметри

$T, ^\circ\text{C}$ відпал.	$B_S \pm 6,17$, мТл	$Q_R \pm 0,20$, мрад	$B_C \pm 1,39$, мТл
20	- 142,69	0,16	13,81
300	- 142,69	0,19	16,78
500	- 142,69	0,18	17,13
800	- 142,69	- 0,38	13,69

Похибка визначалась за допомогою методу розрахунку помилок непрямих вимірювань.

Керівник: Проценко С.І., доцент

1. K. Postava, J.F. Bobo et.al, *J. Magn* **163**, 8 (1996).

ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИМИ γ -КВАНТАМИ ТА ЕЛЕКТРОНАМИ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ *n*-InSe

Заслонкін А.В., *м. н. с.*; Ковалюк З.Д., *керівник відділення*;
Мінтянський І.В., *с. н. с.*; Савицький П.І., *с. н. с.*; Сидор О.М., *н. с.*;
Чернівецьке відділення інституту проблем матеріалознавства
НАН України, м. Чернівці

Досліджено зміну електричних властивостей нелегованих шаруватих кристалів *n*-InSe під впливом високоенергетичних γ -квантів та електронів. Необхідні γ - (1,4 кГр - 1,4 МГр) та електронна (0,31 та 3,1 МГр) дози забезпечувалися різною тривалістю опромінення.

До та після опромінення у діапазоні 80-400 К вимірювалися температурні залежності коефіцієнта Холла та електропровідності вздовж шарів. Встановлено, що радіація незначно впливає на низькотемпературну ділянку кривої $n(T)$, а найбільш суттєві зміни мають місце при $T > 300$ К, коли понижується як концентрація, так і її температурне зростання для всіх опромінених кристалів – вірогідно із-за впливу опромінення на дефекти, що розташовані у міжшарових проміжках моноселеніду індію. Для всіх кристалів InSe холлівська рухливість знижується з температурою з-за домінуючої взаємодії носіїв з гомоплярними оптичними фононами $\hbar\omega = 14,3$ меВ. Встановлено, що температурна залежність рухливості майже не зазнає зміни при γ -дії, а її значення незначно понижується тільки при дозі в 10^{13} $\gamma/\text{см}^2$.

Після електронного опромінення рухливість електронів при 80 К понижується більше, ніж на порядок. Величина μ_{1C} вже зростає з температурою у всьому вивченому діапазоні, що пояснено взаємодією носіїв з областями просторового заряду. Із-за утворення додаткових акцепторних центрів значно зменшується й концентрація електронів у зоні провідності, яка до того ж суттєво зростає з температурою. Як наслідок, металічний хід провідності після електронного опромінення змінюється на виражений напівпровідниковий, а значення компоненти σ_{1C} для максимальної дози понижується у понад 10^3 разів при 80 К.

**ПОРІВНЯННЯ РАДІАЦІЙНИХ СТІЙКОСТЕЙ ФОТОПЕРЕТВО-
РЮВАЧІВ НА БАЗІ ШАРУВАТИХ КРИСТАЛІВ ТА КРЕМНІЮ**

Сидор О.М., науковий співробітник; Сидор О.А., науковий співробіт-
ник; Ковалюк З.Д., керівник відділення;

Дубінко В.І.,* провідний науковий співробітник

Чернівецьке відділення інституту проблем матеріалознавства

НАН України, м. Чернівці

*НДК “Прискорювач” ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут”
НАН України, м. Харків

На основі шаруватих бінарних сполук A^3B^6 (InSe, GaSe) методами ван-дер-ваальсового контакту [1], термічного окислення [2] виготовле-но фотоперетворювачі $p-n$ -InSe, p -GaSe– n -InSe та власний оксид– p -InSe з високими і відтворюваними параметрами: діодним фактором $n = 1,4-1,7$; коефіцієнтом випрямлення $K = 10^2-10^3$; напругою холостого ходу $U_{xx} = 0,55-0,65$ В; струмом короткого замикання $J_{кз} = 3-10$ мА/см². Досліджено вплив гальмівного γ - ($E = 1-34$ МеВ, доза 140 кГр) та електронного ($E=12$ МеВ, доза 310 кГр) випромінювань на ВАХ, ВФХ та спектральні характеристики структур. Здійснено порівняння з опромі-неним за аналогічних умов промисловим фотодіодом типу ІТО– p -Si.

Використані дози опромінення виявились критичними для параметрів фотодетектору на основі кремнію, викликаючи його сильну деградацію. Монохроматичні ампер-ватна S_I і вольт-ватна S_U чутливості кремнієвої структури зменшились відповідно в 9 і 6 раз після гамма-та в 8 і 10 раз після електронного опромінення. Це ж стосується величин U_{xx} та $J_{кз}$: їх спад відповідно склав 13 і 53 % для γ -квантів та 12 і 50 % для електронів. У той час, фотоперетворювачі на основі шаруватих кристалів (у залежності від типу) продемонстрували для гамма-опромінення збільшення величин S_I на 23-36 %, S_U на 11-44 %, U_{xx} на 4-12 % і зменшення $J_{кз}$ на 2-12 %. При опроміненні електронами спостерігалася наступна зміна параметрів: зростання S_U на 8-40 %, U_{xx} на 2-12 %, спад S_I на 7-13 %, $J_{кз}$ на 5-18%.

1. В.Л. Бакуменко, З.Д. Ковалюк, и др., *ФТП* **12**, 374 (1978).
2. В.Н. Катеринчук, М.З. Ковалюк, *Письма ЖТФ* **18**, 70 (1992).

ПЛЕНОЧНЫЙ *p-n* ПЕРЕХОД НА ОСНОВЕ CdS

Джафаров М.А., Мехтиев Р.М., Джахангирова С.А.

До сих пор преобразователи на базе CdS изготовлены в основном как гетероструктуры. Создание *p-n* перехода затруднено из-за получения CdS с дырочной проводимостью. В литературе приводятся только некоторые данные, относящиеся пленочно-монокристаллическим *p-n* переходам. В представленной работе приводятся результаты исследований пленочного *p-n* перехода на основе CdS, осажденных из раствора. Исследуемые образцы приготавливались методом осаждения из раствора на алюминиевую подложку при температуре 300 °С. На основании данных измерений вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик образцов было установлено наличие проводимости, обусловленной присутствием *p-n* переходов. ВАХ пленочного *p-n* перехода *p*CdS-*n*CdS обладает выпрямляющим свойством с коэффициентом 10^3 - 10^4 при напряжении $U = 2$ -3В. Область пространственного заряда в *p*-CdS является очень узкой, вследствие резкой асимметрии проводимости. Наличие *n*-CdS с высоким удельным сопротивлением исключает присутствие сильного поля на краю металлического контакта и образует обратносмещенный *p-n* переход, параллельно барьеру *Alp*-CdS. Проводимость туннельно прозрачного диэлектрика Al_2O_3 присутствующего на поверхности алюминия гораздо выше, чем проводимость обратного смещенного *p-n* перехода и большая часть приложенного внешнего электрического напряжения падает на *p-n* переход. Прямые ВАХ структуры *Alp*-CdS/*n*-CdS практически идентичны с ВАХ *p-n* переходов. При этом ток через структуры экспоненциально возрастает с ростом приложенного напряжения. По ходу температурной зависимости наклона прямых $\ln I \sim U$ можно выделить два интервала температур. Прямые ветви ВАХ состоят из двух участков, соответствующих различным механизмам токопрохождения. При увеличении прямого напряжения вначале наблюдается участок ВАХ с большим наклоном, что соответствует тому, когда один механизм токопрохождения сменяется другим. Получение *p-n* перехода на основе CdS позволяет значительно расширить область применения CdS и создать принципиально новых приборов и функциональных элементов микроэлектроники.

**ПЛІВКОВІ СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ
ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ МІЖ СПОЛУКАМИ A_2B_6**

Маленко С.М., студент; Опанасюк А.С., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Плівки сполук A_2B_6 знаходять широке використання як поглинальні та віконні шари сонячних елементів (СЕ). Традиційним матеріалом вікон фотоелементів на основі поглинаючих шарів CIS ($CuInSe_2$), CIGS ($CuIn_{1-x}Ga_xSe_2$) та CdTe є сульфід кадмію n -типу, який має ширину забороненої зони (ЗЗ) $E_g = 2,42$ еВ. На сьогоднішній день максимальний ККД кращих плівкових СЕ на основі гетеропереходів (ГП) n -CdS/ p -CdTe становить 17,1 %, але темпи його зростання суттєво уповільнилися. До основних недоліків CdS як віконного матеріалу відносять присутність у складі важкого металу (Cd) та недостатньо широку ЗЗ, що обмежує проходження короткохвильового випромінювання у поглинаючий шар.

Останнім часом досліджується можливість заміни традиційного матеріалу вікна іншими. До нових перспективних матеріалів вікон відносять ZnS ($E_g = 3,68$ еВ) та ZnSe ($E_g = 2,72$ еВ). Ці сполуки не містять важких металів та мають більшу ширину ЗЗ ніж CdS. Це дозволяє розширити діапазон фоточутливості СЕ та збільшити їх струми короткого замикання.

Основним недоліком ГП n -ZnS/ p -CdTe та n -ZnSe/ p -CdTe є велика неузгодженість періодів ґраток контактуючих матеріалів, що суттєво знижує КПД СЕ на їх основі. В роботі розрахована невідповідність періодів ґраток між сполуками A_2B_6 та визначена концентрація поверхневих станів на інтерфейсі. Розрахунки проведено для двох модифікацій сполук - кубічної та гексагональної, оскільки більшість з них можуть бути отримані як у формі сфалериту так і вюрциту.

Аналіз результатів дозволив вибрати найбільш оптимальні пари сполук A_2B_6 , що забезпечує отримання малодефектної межі розділу матеріалів. Розглянуто вплив концентрації приповерхневих станів на механізми проходження струму через ГП на основі сполук халькогенідів. Запропоновані методи зниження дефектності гетеромежі шляхом відпалів структур, що забезпечує утворення твердих розчинів на інтерфейсі та відповідно повільну зміну сталих ґратки матеріалів.

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Романова І.І., аспірант
НТУУ «КПІ», м. Київ

З кожним днем напівпровідникові джерела світла все більш і більш заповнюють нові області застосування світлодіодів. Так вони широко використовуються в ядерній електроніці. Саме тому необхідною умовою використання пристроїв на основі світлодіодів є інформація стосовно проникаючої радіації, вплив якої відображається на електричних та світлотехнічних характеристиках пристроїв. Це обумовлює актуальність досліджень у даній області.

Нами проведено дослідження впливу проникаючої радіації на електрофізичні параметри матеріалів, гетероструктур на основі бінарних сполучень і твердих розчинів A^3B^5 : $(Al_xGa_{1-x})_{0,5}In_{0,5}P$, $Al_xGa_{1-x}As$, $Al_{0,2}Ga_{0,8}N/GaN$ – світлодіоди випромінюючі у червоно-жовтій та синьо-зеленій області спектру. Вимірювання сили світла проводились при струмі 20 мА та 40 мА в різних діапазонах напруги. Були отримані наступні результати: світлодіоди на основі алінгапів $(Al_xGa_{1-x})_{0,5}In_{0,5}P$ з жовтим кольором освітлення є набагато витривалішими, аніж світлодіоди на основі $(ZnO)GaP$, $Al_{0,33}Ga_{0,67}As$ та $GaAs_{0,6}P_{0,4}$ світлодіоди з червоним кольором освітлення; структури із змінно легованою оптично активною n -областю (сині) мають більшу високую силу світла в порівнянні з структурами, в яких квантові ями розташовані в компенсованому шарі (зелені).

Керівник: Руденко Н.М., *д.т.н., професор*

1. В.И. Рыжиков, *Моделир. и исслед. сложных систем* **1**, 103 (2004).
2. В.А. Бржезинский, *Оптоэлектр. и полупроводник. техн.* **22**, 27 (1992).
3. *Радиационная стойкость органических материалов: Справочник*
Ред. В.К. Милинчук (Москва: Энергоатомиздат: 1986).

**ЕВОЛЮЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПОРУВАТОЇ СТРУКТУРИ
ВОЛОГОЧУТЛИВОЇ КЕРАМІКИ $MgO-Al_2O_3$**

Клим Г.І., доцент

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Порувата шпінельна кераміка $MgO-Al_2O_3$ є однією з найбільш перспективних матеріалів для використання в якості активних елементів сенсорів вологості [1]. Вона володіє унікальною мікроструктурою керамічних зерен, міжзеренних границь та розвинутою поруватістю. Саме поруватість є тим найважливішим фактором, який визначає експлуатаційні властивості сенсорів вологості. Широкий діапазон вимірювання вологості забезпечується в кераміці шпінельного типу шляхом формування рівномірної поверхневої поруватої структури, що сприяє ефективній кооперативній адсорбції молекул води. Мета даної роботи полягала в дослідженні еволюційних процесів поруватої структури кераміки $MgO-Al_2O_3$, одержаної за різних температурно-часових режимів спікання.

Експериментальні зразки отримували методом стандартної керамічної технології [2], спікаючи вихідні порошки Al_2O_3 та $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$ при максимальній температурі $T_c = 1200, 1300$ та 1400 °C впродовж 2 годин. Порувату структуру кераміки вивчали методом ртутної порометрії. Як основну експлуатаційну характеристику отриманих елементів використовували залежності їх електричного опору від відносної вологості. Вимірювання проводили при температурі 20 °C в напрямку досягнення максимальної вологості (біля 100 %) та у зворотньому напрямку.

Встановлено, що збільшення температури спікання кераміки призводить до зміни розподілу пор за розмірами від три-модального до бімодального. Відсутність середньої ділянки так званих транспортних пор, які відповідають за надходження вологи до нанопор, де відбуваються процеси капілярної конденсації, призводять до втрати вологочутливості в області низьких відносних вологостей (20-50 %). Однак використання матеріалів на основі солей забезпечує відновлюваність характеристик в адсорбційно-десорбційних циклах.

1. E.Traversa, *Sensors and Actuators* **23**, 135 (1995).
2. H. Klym, A. Ingram, *J. Physics: Conf. Ser.* **79**, 012014 (2007).

СЕКЦІЯ 5

«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПОРЯДКОВАНИХ МАСИВІВ НАНОЧАСТИНОК ЗАЛІЗА ЯК СКЛАДОВОЇ ЧАСТИНИ СЕНСОРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Костюк Д.М., *аспірант*; Демиденко М.Г., *асистент*;
Сумський державний університет, м. Суми

Для експериментальних досліджень були сформовані нанорозмірні структури магнітних НЧ в немагнітній матриці міді: Au(2нм)/Cu(20нм)/FeO(НЧ)/SiO₂/Si; Au(2нм)/Cu(20нм)/Fe₃O₄(НЧ)/SiO₂/Si.

Магніторезистивні властивості нанорозмірних структур Me/НЧ/П досліджувались за допомогою розробленого програмно-апаратного комплексу. Магнітоопір вимірювався в процесі переходу від перпендикулярної до поперечної геометрії у невідпалених та відпалених до температур 450, 600, 750, 900К зразках. Аналізуючи результати, представлені на рис. 1 і 2, можна зробити висновок, що різка зміна МО пов'язана із присутністю осі легкого намагнічування біля мінімуму для обох систем і всіх температур відпалювання.

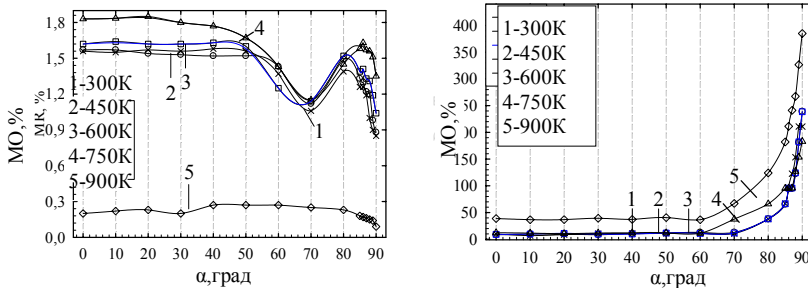


Рисунок 1 – Залежності зміни магнітоопору (а) і поля коерцитивності (б) від геометрії вимірювання і температури відпалювання для системи Au(2 нм)/Cu(20 нм)/Fe₃O₄(НЧ)/SiO₂/Si.

Різке збільшення коерцитивної сили спостерігається зі збільшенням кута від напрямку осі легкого намагнічення. При цьому зростання H_c триває до значення кута 90°. Це може свідчити про присутність осі важкого намагнічування в діапазоні кутів 90°.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕЛЕКТРОНОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Костюк Д.М., *аспірант*; Демиденко М.Г., *асистент*;
Сумський державний університет, м. Суми

Розроблене сучасне програмне забезпечення дозволяє здійснювати швидкий аналіз дифракційних картин отриманих методом просвічуючої електронної мікроскопії. Розроблений власний оригінальний вірогіднісний алгоритм для розпізнавання і аналізу образів, алгоритм математичної обробки дифракційних картин, алгоритми встановлення меж аналізу та відображення дифракційних кілець. Архітектурно блок-діаграма програмного коду має вигляд стейт машини на базі черги. Перевагами запропонованого підходу є паралельне виконання частин коду та можливість гнучкого задання ходу виконання програмних алгоритмів. Таким чином створюється незалежність інтерфейсу користувача від програмного коду. Після запуску програмного забезпечення відбувається автоматичне створення черги, що працює за принципом FIFO та призначена для обміну даними між двома паралельними циклами. Перший цикл produce містить у собі структуру подій (Event Structure), яка використовується для безперервного контролю за станом елементів лицьової панелі. Другий цикл consume забезпечує аналіз та обробку даних. У програмному забезпеченні також вдало реалізовано функціонування віконного інтерфейсу. Кожне окреме вікно представляє собою підпрограму, що здійснює двосторонній обмін даними з головною програмою. Для реалізації цієї функції використовуються динамічні події User Events та методи VIsServer LabVIEW. Використана модель побудови надає можливість швидко вносити зміни на етапах перевірки та пошуку помилок, що по суті є одним із найважливіших і довготривалих ступенів розробки програмного забезпечення. Було проведено експериментально-порівняльне тестування, що дало змогу переконатись у правильності і високій точності розрахункових результатів.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТОДЕФОРМАЦІЙНОГО ЕФЕКТУ В ТОНКОПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛАХ

Гришук О.С., *студент*; Макуха З.М., *аспірант*;
Великодний Д.В., *ст. викл.*
Сумський державний університет, м. Суми

Питання про залежність коефіцієнта тензочутливості (КТ) від величини зовнішнього магнітного поля (магнітодеформаційний ефект) є маловивченим, хоча представляє значний інтерес як із теоретичної так і експериментальної точки зору. Кількісною характеристикою магнітодеформаційного ефекту є магнітний коефіцієнт тензочутливості:

$$\beta_{\gamma l B} = \frac{1}{\gamma_l} \left(\frac{\partial \gamma_l}{\partial B} \right)_{\epsilon_l} \quad \text{та} \quad \beta_{\gamma t B} = \frac{1}{\gamma_t} \left(\frac{\partial \gamma_t}{\partial B} \right)_{\epsilon_t}, \quad (1)$$

де індекси l і t позначають поздовжню і поперечну тензочутливість, а γ_l і γ_t величини КТ при відповідному напрямі деформації, які виражені через опір плівки, B – величина магнітної індукції зовнішнього магнітного поля.

Для дослідження тензоефекту в магнітному полі на кафедрі прикладної фізики СумДУ був розроблений магніто-деформаційний комплекс [1], в задачі якого входить в автоматичному режимі конденсація багат шарових плівкових систем та дослідження їх тензорезистивних властивостей в області пружної (до 1 %) та пластичної (2 % і більше) деформації.

Універсальність комплексу дозволяє досліджувати магнітодеформаційний ефект в установці для вимірювання магніторезистивних властивостей плівок в змінному магнітному полі.

Роботою автоматизованого комплексу для дослідження магнітодеформаційного ефекту тонкоплівкових матеріалів керує персональний комп'ютер під управлінням розробленим програмним забезпеченням в середовищі графічного програмування LabView 2010.

1. М.Г.Демиденко, С.І. Проценко, та ін., *Ж. нано- електрон. фіз.*, **3**, 106 (2011).

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕНСОРІВ ОСВІТЛЕННЯ

Вербицький О.В., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Детектори електромагнітних хвиль спектрального діапазону від ультрафіолетового до інфрачервоного випромінювань називаються світловими детекторами. У залежності від інтенсивності світла опір фоторезистора або струм фотодіода змінюються за лінійним законом, завдяки чому ці прилади використовуються як сенсори освітленості.

Для дослідження робочих характеристик світлочутливих сенсорів був розроблений лабораторний стенд (рис. 1), який дозволяє отримувати світлові залежності фотодіодів, фоторезисторів у залежності від джерела освітлення (лампа накаливання або лазер). Інтенсивність освітленості змінюється за допомогою напівпрозорих дзеркал, що представляють собою скляну підкладку з нанесеним на неї шаром міді ($d = 5-30$ нм). За допомогою перемикачів S1, S2 вибираються тип освітлювача та необхідний сенсор, параметри якого фіксуються мультиметром.

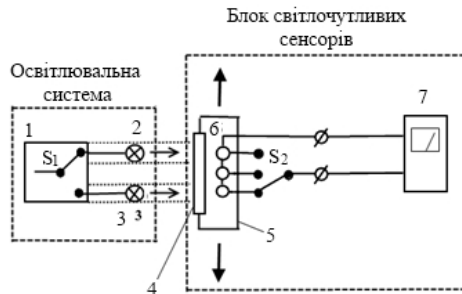


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенду: 1 – джерело живлення; 2 – лампа накаливання; 3 – напівпровідниковий лазер; 4 – напівпрозоре дзеркало; 5 – система переміщення сенсорів; 6 – сенсори; 7 – мультиметр

Дана установка дозволяє досліджувати робочі характеристики оптоелектронних приладів та чутливість сенсорів, і буде використовуватися в лабораторному практикумі з дисципліни «Мікроелектронні сенсори».

Керівник: Ткач О.П., асистент

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛІВОК НА ОСНОВІ Ni ТА Fe

Тищенко К.В., аспірант

Сумський державний університет, м. Суми

Сплави на основі Ni та Fe з високою концентрацією атомів Ni (пермалої) широко використовуються у сучасному приладобудуванні. Для них характерні низька коерцитивна сила і коефіцієнт теплового розширення; невеликі втрати на перемагнічення та високе значення магнітної проникності. Деформаційні характеристики плівкових сплавів пермалоевого складу на сьогодні не вивчені.

Дослідження деформаційних характеристик проводилось методом резистометрії (залежність електричного опору від деформації) з використанням сучасних засобів автоматизації фізичного експерименту – автоматизованої системи, що більш детально описана в роботі [1]. Дослідження проводилось для плівок з концентрацією $c_{Fe} = 25, 50$ і 75 ат.% у трьох інтервалах деформації, $\Delta\epsilon_l$ (0-1), (0-2) та (0-3) %. На основі отриманих результатів було розраховано середнє значення коефіцієнта тензочутливості γ_l та проведено аналіз його залежності від товщини плівки і концентрації атомів компонент в ній. На залежностях миттєвого значення коефіцієнта тензочутливості γ_{lm} від деформації ϵ_l в усьому інтервалі концентрацій та товщин фіксувався локальний пік, положення якого змінювалось в залежності від товщини та концентрації компонент і прямувало в сторону збільшення ϵ_l зі збільшенням товщини та зменшенням концентрації атомів Ni у плівках. Із проведеного аналізу витікає, що поява піка пов'язана з нелінійними по деформації змінами опору, що можуть відбуватись при відповідному механізмі деформації або в результаті структурних змін у плівці при переході від пластичної до пружної деформації.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми № 52.20.01-01.12/14.

1. S.I. Protsenko, D.V. Velykodnyi, V.A. Keraj, M.S. Desai, C.J. Panchal, I.Yu. Protsenko, *J.Mater. Sci.*, **44**, 4905 (2009).

МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИЛАДОВИХ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ FE ТА GE

Власенко О.В., *аспірант*; Удод Ю.С., *студент*;
Одноворець Л.В., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Плівкові системи Fe/Ge/Fe/П (П – підкладка) були отримані методом терморезистивної конденсації на ситалові підкладки та термовідпалені в автоматичному режимі в інтервалі температур $\Delta T_g = 300 - 800$ К протягом 4 циклів «нагрів-охолодження». Вимірювання магнітоопору (МО) проводилось в автоматичному режимі в зовнішньому магнітному полі (0 – 0,5 Тл). Фазовий склад плівок вивчався методом просвічуючої електронної мікроскопії і електроннографії (електронний мікроскоп ПЕМ-125К).

Дослідження МО плівкових систем Fe(10)/Ge(x)/Fe(10)/П ($x = 2,8-10,0$ нм) показали, що максимальне значення МО = 0,38% спостерігається при $x = 2,8$ нм в поздовжній геометрії ($T_g = 800$ К). Збільшення концентрації немагнітної компоненти системи призводить до зменшення величини МО: 0,03-0,10% (при $T_g = 600$ К) та 0,03-0,01 % (при $T_g = 800$ К), що можна пояснити утворенням магнітної фази FeGe₂ [1]. Встановлено, що фазовий склад свіжосконденсованої плівки відповідає твердому розчину т.р.(Fe,Ge), який утворюється на основі α -Fe. При термообробці до $T_g = 600$ К відбувається розпад т.р. (Fe, Ge) з утворенням фази FeGe₂ і вивільненням атомів α -Fe та процесу заліковування дефектів кристалічної структури. Відпалювання до 800К призводить до подальшого формування фази FeGe₂.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики № 0111U006336.

1. Siad A., Mokrani A., Demangeat C., *Surf. Sci.*, **576**, 158 (2005).

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК
БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ

Андрущенко П.С., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Біполярні транзистори (БТ) використовуються в електронному мікроприладобудуванні як підсилювачі струму, оскільки відносно невеликі зміни струму бази або напруги між базою та емітером можуть спричинити значні зміни струму між емітером і колектором. Мета роботи полягала у дослідженні впливу температури на робочі характеристики БТ різних типонаміналів. Базова схема для дослідження статичних і динамічних характеристик БТ їх температурної залежності представлена на рис. 1.

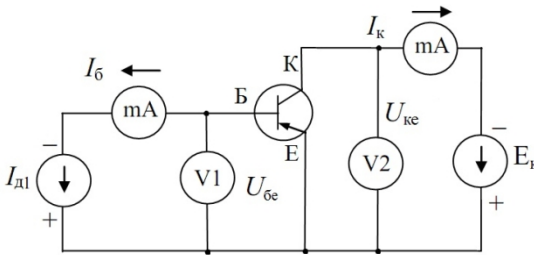


Рис. 1 – Схема для дослідження робочих характеристик БТ

Аналіз робочих характеристик низькочастотних малопотужних транзисторів МП37А (n-p-n) і МП40А (p-n-p) вказує на те, що збільшення температури приводить до їх зсуву вбік більш високих струмів колектора. Встановлено, що при збільшенні температури від 0 до +70 °С спостерігається зростання струму бази на 30 мА, струму колектора – на 30-40 мА та зменшення напруги між емітером і колектором на 20 мВ. Отримані результати задовільно співпадають із розрахунковими на основі плоскої одновимірної моделі транзистора, яка припускає, що p-n- переходи транзистора є плоскими, а всі фізичні параметри транзисторної структури (зокрема, концентрації носіїв заряду), залежать тільки від поздовжньої координати x . Із урахуванням того, що в реальному транзисторі ширина бази значно менше поперечних розмірів переходів, плоска одновимірна модель задовільно описує фізичні процеси, які протікають у транзисторі.

Керівник: Ордодворець Л.В., доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДІОДІВ РІЗНОГО ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Коломієць С.В., студент; Павлюченко Д.І., студент;
Однодворець Л.В., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Напівпровідникові діоди – це електроперетворювальні прилади, основні елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем. В залежності від функціонального призначення діоди класифікують на декілька груп: універсальні, надвисокочастотні, тунельні, магнітодіоди, діоди з бар'єром Шоттки, світлодіоди та ін. Мета даної роботи полягала в дослідженні вольт-амперних характеристик (ВАХ) напівпровідникових діодів з бар'єром Шоттки (ДШ) і світлодіодів (СД) в умовах рівноваги та зовнішнього зміщення.

Лабораторні стенди для дослідження робочих характеристик складаються із потенціометра, амперметрів, вольтметра (для ДШ) та мікроконтролера АТmega8, змінного і еталонного резисторів, джерела живлення (для СД), (рис. 1).

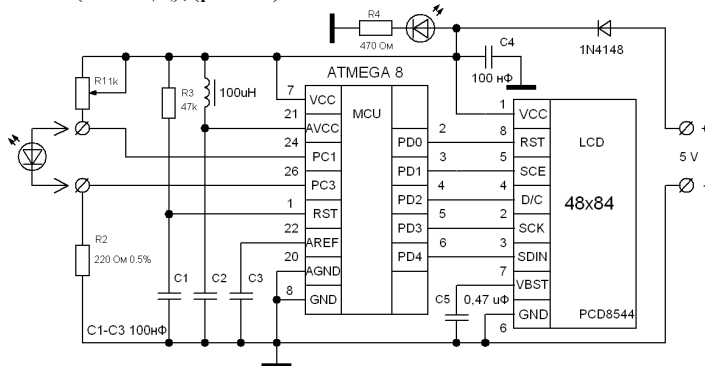


Рис.1. – Схема пристрою для дослідження ВАХ СД

Проведені дослідження характеристик діодів КД2997Б (ДШ) та АЛ102Б і АЛ307Б (СД) показали, що їх ВАХ майже такі як для діодів з р-n-переходом. Також встановлено, що вигляд ВАХ залежить від співвідношення довжини вільного пробігу носіїв заряду і товщини металевих та напівпровідникових контактних шарів (для ДШ) і довжини хвилі та інтенсивності світлового потоку (для СД).

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛОМОЩНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Пилипенко И.А., *студент*; Чубенко А.А., *студент*
НТУУ «КПИ», г. Киев

Развитие технологии производства, математического аппарата моделирования и прочих средств разработки электронных устройств постоянно расширяет сферу их применения и роль в нашей повседневной жизни. Миниатюризация электронных компонентов и переход к цифровым методам обработки сигналов и передачи данных предъявляют постоянно растущие требования к точности измерений и преобразований аналоговых сигналов в цифровой вид. Решение этой проблемы на данный момент невозможно без использования прецизионных источников опорного напряжения (ИОН), а также их точных математических моделей, которые сокращают время разработки и улучшают точность характеристик проектируемых устройств.

Первым рассматриваемым классом источников опорного напряжения является ИОН на основе стабилитронов. В простейшем случае последовательно с резистором включается стабилитрон с температурным коэффициентом напряжения (ТКН) в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, что обеспечивает высокую стабильность выходного напряжения. Однако, тенденция к снижению напряжения питания в мобильных и прочих электронных устройствах лишает данный класс возможности широкого применения, т.к. рабочее напряжение стабилитрона выше 6 В при питании устройства ниже 5 В.

Вторым рассматриваемым классом являются ИОН на базе полевого транзистора. Поскольку ТКН полевого транзистора может изменяться в диапазоне отрицательных и положительных значений, возможно получение нулевого ТКН. Данная методика построения ИОН проста, но технологический разброс параметров МОП транзисторов не позволяет получить требуемую точность выходного напряжения.

Третьим рассматриваемым классом являются ИОН с подогревом. Данное решение позволяет получить высокую стабильность выходного напряжения за счёт поддержания постоянной температуры нагревательным элементом. Однако, высокая потребляемая мощность делает это решение малоприменимым для широкого применения.

Четвертым рассматриваемым классом являются ИОН с использованием напряжения ширины запрещённой зоны полупроводника (band

гар). Этот метод проектирования ИОН нашёл широкое применение в современной электронике благодаря возможности использования биполярных и МОП транзисторов, кроме того, схемы данного класса работают в широком диапазоне питающих напряжений. Также данный метод позволяет получать требуемое выходное напряжение изменением площадей рабочих областей транзисторов, что делает этот метод привлекательным с точки зрения технологии производства. Недостатком ИОН этого класса является низкая стабильность выходных характеристик, например, низкая температурная стабильность ($TKH \leq 50 \cdot 10^{-6} K^{-1}$) по отношению к ИОН на основе стабилизаторов.

Пятым рассматриваемым классом являются ИОН, в котором используется компенсирующее свойство разности пороговых напряжений МОП транзисторов. Данный метод позволяет получить стабильное выходное напряжение при использовании МОП транзисторов, однако не нашёл широкого применения из-за трудностей достижения равенства уровней легирования донорными и акцепторными примесями.

Шестым рассматриваемым классом являются ИОН, построенные с использованием технологии XFET. Данная технология использует диэлектрик с высокой точностью измерения диэлектрической проницаемости при производстве МОП транзисторов, что позволяет получить высокую температурную стабильность ($0,2 \cdot 10^{-6} K^{-1}$) и в четыре раза меньший шум, чем у ИОН с использованием напряжения ширины запрещённой зоны полупроводника.

Как видно из приведенного выше обзора интерес представляют ИОН с использованием напряжения ширины запрещённой зоны полупроводника. Создание прецизионного источника на основе этого метода является трудновыполнимой задачей из-за отсутствия точной математической модели. Эта модель должна включать в себя как параметры схемы, так и их технологический разброс при производстве. Создание такой модели является важной и необходимой задачей, которая должна быть выполнена.

Руководитель: Писаренко Л.Д., профессор

1. W. Jung. *Analog Dialogue* **28**, (1994).
2. С.С. Рябченков, *Разработка математических моделей и средств проектирования прецизионных источников опорного напряжения в составе интегральных микросхем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.* (М.: МГИЭТ: 2004).

ПРИСТРІЙ ПРИЙОМУ-НАКОПИЧЕННЯ ДАНИХ

Мунасіпов О. Г., *студент*
НТУУ «КПІ», м. Київ

Для модернізації піргеліометра розроблено пристрій на базі мікроконтролера Atmel AVR ATmega32, що здійснює збір і накопичення даних. Інформація, що отримується від вбудованого в мікроконтролер аналого-цифрового перетворювача, зберігається на карті пам'яті microSD з файловою системою FAT32 у форматі CSV. Пристрій дозволяє відстежувати 8 аналогових каналів (саме стільки має АЦП мікроконтролера), тобто користувачі можуть підключити до пристрою до 8 різних аналогових сенсорів.

Пристрій має годинник реального часу з резервним джерелом живлення, що дозволяє записувати, окрім сигналу з АЦП, час отримання даних. Така функція може бути корисна при аналізі інформації і складання статистики зміни даних.

Основним вузлом пристрою є 8-розрядний мікроконтролер Atmel AVR ATmega32, що має 32 Кбайт Flash -пам'яті, 2 Кбайт SRAM і багату периферію. Для реалізації функції запису часу реєстрації даних використана мікросхема годинника реального часу DS1307 з інтерфейсом I2C.

Для підключення карти пам'яті до мікроконтролера вибраний спеціальний модуль зі встановленим під карту слотом. Крім того, модуль містить встановлений LDO регулятор напруги 3.3 В, мікросхему перетворювача логічних рівнів 5 В - 3.3 В і деякі захисні елементи.

Для живлення мікроконтролера і периферії встановлений регулятор напруги 5В LM7805. По інтерфейсу I2C до мікроконтролера підключена мікросхема годинника реального часу з резервним джерелом живлення (батарея типу CR2032).

На основі розробленого пристрою можна будувати невеликі системи збору і обробки інформації, як для промислових, так і для побутових цілей.

Керівник: Бондаренко Н.А., *старший викладач*

1. В.Трамперт, *AVR RISC Мікроконтролери* (Київ: МК-Пресс: 2006).

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ ПРИЙМАЛЬНО- ПЕРЕДАВАЛЬНОГО БЛОКУ РЛС

Грамарчук Ю. О., студент; Петренко В. П., аспірант
НТУУ «КПІ», м. Київ

Основною метою нашого завдання було дослідження синтезатора частоти в блоці задавального генератора, який повинен забезпечувати частоту 8,5 ГГц. Важливою частиною нашої роботи було моделювання синтезатора частоти у програмі "ADIsimPLL".

Таблиця 1 – Фазові шуми

Частота	Загальні	Синтезатор ADF41020	Фільтр
100	-67.09	-67.09	-99.77
1k	-65.13	-65.26	-80.51
10k	-83.79	-84.05	-96.16
100k	-123.6	-123.8	-135.9
1M	-163.6	-163.8	-175.9

У даній таблиці наведено фазові шуми на ФНЧ (для отримання найменших фазових шумів), на мікросхемі синтезатора ADF41020 (єдина, що працює на заданій частоті) та загальні фазові шуми.

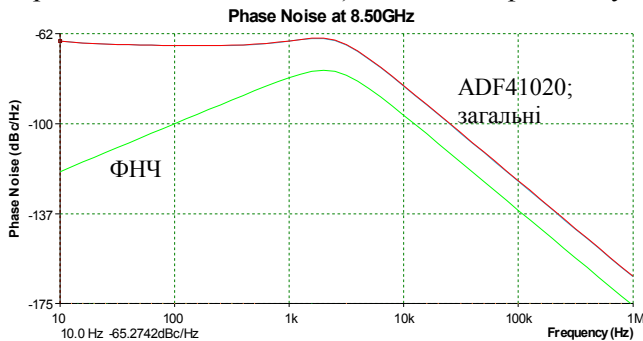


Рисунок 1 – Рівні фазових шумів

За допомогою моделювання синтезатора у програмі з необхідними параметрами, ми отримали оптимальний фільтр низьких частот з мінімальним (для нашого завдання) рівнем фазових шумів (– 123,6 дБ / Гц). Моделювання показує, що ми можемо використати цю модель для створення реального надвисокочастотного пристрою.

Керівник: Кобак М. М., доктор технічних наук

**TL₃PbCl₅ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
ДЛЯ НЕЛІНІЙНОЇ ОПТИКИ**

Стеценко М.О.¹, магістрант, Данильчук С.П.², аспірант

¹ Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

² Волинський національний університет ім. Лесі Українки, м. Луцьк

Напівпровідники типу $A_3^3B^4C_5^7$ (A^3 –Tl, B^4 –Pb, C^7 –Cl, Br) відносяться до анізотропних та нецентросиметричних кристалів з високою нелінійною сприйнятливістю. Особливістю даних напівпровідників є можливість їх використання як ефективних нелінійно-оптичних матеріалів та застосування у якості компонентів лазерних систем для отримання джерел когерентного випромінювання ІЧ-діапазону. Тернарні сполуки Tl_3PbCl_5 є монокристалічними низько симетричними речовинами з широкими вікнами пропускання світла, які можуть бути перспективними матеріалами оптоелектронної техніки.

Tl_3PbCl_5 утворюється в системі $TlCl$ – $PbCl_2$, володіє конгруентним типом плавлення при 670К та кристалізується в тетрагональній структурі (просторова група $R4_12_12$) з параметрами елементарної комірки $a = 0,844(2)$ nm, $c = 1,492(3)$ nm. Монокристали Tl_3PbCl_5 вирощувались методом Бріджмена-Стокбаргера. Кристал прозорий в області 0,36–28,00 мкм; його оптична ширина забороненої зони становить 3,5 eV [2].

Tl_3PbCl_5 матеріал у якому, на наш погляд, також можуть проявитися електрооптичні ефекти (Поккельса, Керра) завдяки специфіці кристалічної структури. Перспективою подальших пошуків є детальне вивчення оптичних властивостей отриманих монокристалів.

Керівник: Пасічник Ю.А., професор

1. A. Ferrier, M. Velazquez, et. al, *Cryst. Growth* **289**, 357 (2006).
2. V.I. Bekenev, O.Yu. Khyzhun, et. al, *J. of Phys. and Chem. of Solids* **72**, 705 (2011).

ВИСОКОЧУТЛИВА ТЕЛЕВІЗІЙНА КАМЕРА З НАКОПИЧЕННЯМ ЗОБРАЖЕННЯ ПО КАДРУ

Соверченко Д.В., студент; Михайлов С.Р., к.т.н.
НТУУ «КПІ», м. Київ

Основою більшості сучасних телевізійних камер є твердотільні матричні фотоприймачі, причому більше 95% камер в даний час реалізуються на матричних приладах з зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Фотоприймач телекамери перетворює багатомірний оптичний сигнал (функцію просторових координат, частоту, довжину хвилі) в одновимірний електричний сигнал (функцію часу). Таке перетворення засновано на реалізації головних принципів телебачення: накопичення потоку фотонів, дискретизація й розгорнення зображення.

Мета роботи полягала в розгляді способів підвищення чутливості сучасних матриць ПЗЗ, що дає змогу їх широкого використання в системах, де вимагаються високі характеристики сенсора (охоронне телебачення, рентгенодефектоскопія, рентгеноскопія і т.д.).

У роботі розглянуті способи розширення діапазону робочих освітленостей, а саме побудова системи автоматичного регулювання або адаптації. У телевізійних камерах найбільш поширені два способи адаптації. При першому способі перед датчиком світла встановлюють послідовно включені регульований послаблювач і підсилювач сигналу (керована діафрагма об'єктиву і ЕОП відповідно в телекамері). При другому - фоточутливий датчик роблять керованим і за рахунок адаптації параметрів змінюють його чутливість.

Сучасні ПЗЗ камери з режимом електронного збільшення чутливості практично витіснили з ринку дорогі камери з ЕОП поколінь 1, 2 і 2+, забезпечивши високу чутливість в нічних умовах і надійність при розумній ціні. У найближчі роки можна чекати подальшого зростання чутливості ПЗЗ камер за рахунок зниження шуму зчитування вихідних пристроїв і збільшення коефіцієнта підсумовування в камерах з електронним збільшенням чутливості.

1. Р.Е. Быков, *Преобразователи изображения на приборах с зарядовой связью* (Москва: Радио и связь: 2000).
2. В.В. Никитин, А.К. Цыцулин, *Телевидение в системах физической защиты* (Санкт-Петербург: ЛЭТИ: 2001).

**МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЮЧОГО ГЕНЕРАТОРА КЕРОВАНОГО
НАПРУГОЮ ДЛЯ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ ДЛЯ
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ФАЗОВИХ ШУМІВ**

Кейданська В.О., *студент*; Дорош О.В., *студент*;
Петренко В.П., *аспірант*
НТУУ «КПШ», м. Київ

Розглянуто етапи моделювання генератора керованого напругою з діелектричним резонатором, і розрахунку основних параметрів. Для моделювання було обрано середовище AWR | Microwave Office |. Для вузького діапазону перестройки, як у випадку, що розглядається, стабілізація діелектричним резонатором з частотно перестроювальною схемою часто найкращий вибір [1].

Для проведення нелінійного аналізу і отримання характеристик фазових шумів схема ГКН розбивається на дві частини – резонаторну та підсилювальну. В моделі діелектричний резонатор представляється у вигляді коливального контуру, а його зв'язок зі схемою представляється за допомогою трансформаторного зв'язку [2]. Для визначення параметрів коливального контуру, що модулює ДР необхідно провести електромагнітний аналіз, побудувати додаткову 3D модель в одному з додатків Microwave Office і виходячи з параметрів ДР (добротність, тангенс кута втрат, діелектрична постійна) підібрати значення компонентів його еквівалентної схеми. Оптимальним значенням коефіцієнту зв'язку ДР зі схемою обрано значення 5,5, за якого отримане значення фазових шумів на частоті відстрочки від несучої 100 кГц повністю задовольняє вимогам і складає -112дБ при задовільному фазовому і амплітудному балансі. Виходячи зі значення коефіцієнту зв'язку, можна виявити оптимальне положення ДР у резонаторній камері для оптимізації процесу налаштування.

Керівник: Кобак М.М., *доцент*

1. *Designing VCOs and Buffers Using the UPA family of Dual Transistors*, (California Eastern Laboratories, 02/04/2003).
2. R.A. Abd-Alhameed, M. Zewani, et. al, *Microwave Journal* **47**, 2004.

СУЧАСНІ ЛІНІЇ ЗАТРИМКИ НА ПАХ

Удовенко А.І., *студент*
НТУУ «КПІ», м. Київ

Основна тенденція конструювання ліній затримки (ЛЗ) поверхнево-акустичних хвилях (ПАХ) полягає в максимальному приближенні до теоретично обґрунтованих границь значенням параметрів елементів.

В залежності від конструктивних параметрів та функціонального призначення лінії затримки поділяються на: лінії з однократною та гаток ратною затримкою; лінії з фіксованою та регульованою затримкою; дисперсійні лінії затримки.

В найбільш поширених в даний час лініях з прямолінійною траєкторією розповсюдження ПАХ затримка сигналу визначається відстанями між перетворювачами і швидкостями розповсюдження ПАХ. Існуючий вибір матеріалів для п'єзоелектричних звукопроводів з урахуванням обмежень на їх кінцеві лінійні розміри і величини швидкостей поширення ПАХ дозволяють оцінити досяжні межі затримки; значення температурних коефіцієнтів затримки для даних матеріалів визначають температурну стабільність електричних параметрів ЛЗ. У переважній більшості випадків в ЛЗ з фіксованою затримкою сигналу використовують неаподізовані вхідний і вихідний перетворювачі, повністю ідентичні між собою; наскрізна АЧХ визначається добутком АЧХ вхідного і вихідного перетворювачів.

Найбільш привабливою властивістю германата вісмуту з точки зору використання в лініях затримки є досить низька швидкість поширення ПАХ. Це дозволяє отримати ту ж затримку сигналу, що і в п'єзокварцевих ЛЗ, при вдвічі меншому розмірі звукопроводу. До недоліків германата вісмуту слід віднести більш складну, ніж у п'єзокварцу, технологію фотолітографії та відносно низьку температурну стабільність.

Керівник: Жовнір М.Ф., *доцент*

**СОКРАЩЕНИЕ АППАРАТНЫХ ЗАТРАТ В КОМПЬЮТЕРНЫХ
ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФАХ**

Гонтаренко А.А., студент; Таценко В.А., студент
НТУУ «КПИ», м. Киев

Одним из направлений решения задач уменьшения габаритов и повышения надежности компьютерных электрокардиографов является сокращение числа регистрируемых отведений. Такой подход неприемлем, так как меньшее число каналов электрокардиограммы не позволяет эффективно диагностировать некоторые заболевания.

Несмотря на это, существует возможность исключения некоторых аналоговых каналов на основе того, что не все электрокардиографические отведения являются независимыми [1]. Отведения исключенных каналов будут вычисляться в цифровом виде из регистрируемых электрокардиографических сигналов.

Несмотря на простоту подхода, он обладает существенным ограничением – получаемые со всех каналов сигналы могут оцифровываться не одновременно, что будет приводить к возникновению нежелательных искажений в вычисленном электрокардиографическом сигнале.

Для экспериментальной оценки возможности применения метода и выбора методов восстановления недостающих отведений с минимальными искажениями был разработан и изготовлен опытный образец 3-канального электрокардиографа приставки к ПК, позволяющий регистрировать основные электрокардиографические отведения из стандартного набора (I, II и III отведения). На основе этого прибора будет проводиться сравнение сигналов II отведения, полученного аналоговым путем и восстановленного из I и III отведений.

Руководитель: Корнев В.П., доцент

1. Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей, С.А. Филист, *Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий* (Курск: Курская городская типография: 1999).

ФРАКЦІОНУВАННЯ ВУГІЛЬНИХ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ ТРИБОАДГЕЗІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ

Пондор І.С., студент; Бордун І.М., доцент

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Для багатьох задач, які вирішуються в наукових лабораторіях та на виробництві, застосовують тверді матеріали у порошкоподібному вигляді. Щороку мільйони тонн різних речовин подрібнюються, перетираються, синтезуються для одержання таких порошоків. Насьогодні найпрогресивнішими методами фракціонування є методи аеросепарації, на які переходять і при збагаченні, і при виробництві різних матеріалів. Один з них, а саме метод трибоадгезійної сепарації, і був обраний нами для розділення на фракції вуглецевих матеріалів, які використовуються для електродів суперконденсаторів.

У роботі досліджено процеси трибоадгезійної сепарації деревного активованого вугілля марки БАУ-А та кісточкового вугілля з розміром частинок до 40 мкм на сепараторі барабанного типу. Попередньо вугілля подрібнювалося за допомогою кульового млина та просівалося через сито з розміром отворів 40 мкм. За допомогою оптичного мікроскопа встановлено, що отримані частинки неправильної форми, отже, вони мають площу зіткнення з підкладкою більшу, ніж округлі частинки. Це було враховано при аналізі взаємодій у системі «частинка – барабан». В результаті зроблено висновок, що найкращим методом розділення дрібнодисперсного вуглецевого матеріалу буде використання барабанного сепаратора з діаметром барабана 280 – 300 мм, а обертання барабана повинно здійснюватися з частотою 60 – 70 Гц, що забезпечує швидкість руху поверхні близько 1 м/с. Частинки вугілля будуть знаходитися на поверхні менше 1 с і тому сила електростатичної взаємодії за рахунок стикання заряду практично не змінюватиметься. На основі цих даних виготовлено дослідну установку. Проведені дослідження показали, що для ефективнішого розділення на фракції активоване вугілля вимагає попереднього просушування при температурі 110-120 °С впродовж 1 год.

Таким чином, встановлено, що метод трибоадгезійної сепарації може використовуватися при фракціонуванні дрібнодисперсних вугільних матеріалів для електродів суперконденсаторів.

ПОВЕРХНЕВА ОБРОБКА ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНИМИ ВОДНИМИ РОЗЧИНАМИ

Бордун І.М., *доцент*; Пташник В.В., *аспірант*;
Садова М.М., *студент*; Велигорська М.В., *студент*
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Електрохімічна активація (ЕХА) є перспективним напрямком досліджень в галузі отримання метастабільних водно-сольових розчинів, які використовуються у технологіях одержання стерилізуючих та дезінфікуючих розчинів, у сільському господарстві, медицині, очищенні питної та стічних вод тощо. Однак вплив таких розчинів на властивості поверхні пористих матеріалів, що використовуються як сорбенти, катализатори тощо, практично не досліджений. Тому метою даної роботи є вивчення впливу ЕХА водних розчинів на пористий вугільний матеріал.

Електрохімічна обробка здійснювалась в непротічному діафрагмовому електролізері з інертними електродами при напрузі 200 В. Значення водневого показника рН та окисно-відновного потенціалу активованих водних розчинів вимірювались приладом рН-301, а електропровідності – мультиметром СОМ-100. Для обробки ЕХА водними розчинами використовувалось попередньо просушене активоване вугілля марки БАУ-А з розміром частинок 43-65 мкм. Для поверхневої обробки вугільний порошок замочували в ЕХА дистильованій воді або ЕХА розчинах хлориду калію з концентраціями 0,05 та 0,1 г/л. Після чого зразки вугілля фільтрувались та просушувались на повітрі.

Склад поверхневих груп є важливим параметром, який визначає можливість практичного використання пористих речовин. У активованому вугіллі присутні групи двох типів: з гідрофільною та з гідрофобною сорбційною здатністю. Результати дослідження зміни гідрофільності зразків вугільного порошку після обробки ЕХА розчинами дозволили судити про зміну складу поверхневих груп.

Отже, технологія ЕХА дозволяє керовано змінювати властивості водних розчинів з метою їх подальшого практичного використання в різноманітних технологічних процесах, зокрема для зміни властивостей поверхні пористих матеріалів.

ПЕРЕРОЖДЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ P-I-N-ФОТОПРИЕМНИКОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩЕЕ S-ОБРАЗНОСТЬ ИХ ВАХ

Свиридова О.В., к.ф.-м. н., м.н.с.

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса

Образование дефектов в готовых фотоприемных p-i-n-структурах происходит как в процессе формирования исходных пластин и промежуточных структур, так и в процессе технологической обработки, сопровождающейся большим количеством температурных и химических воздействий, что приводит к ухудшению параметров готовых структур.

Установлено (Рисунок 1), что отбор p-i-n-фотоприемников по наличию или отсутствию S-образности ВАХ может быть использован

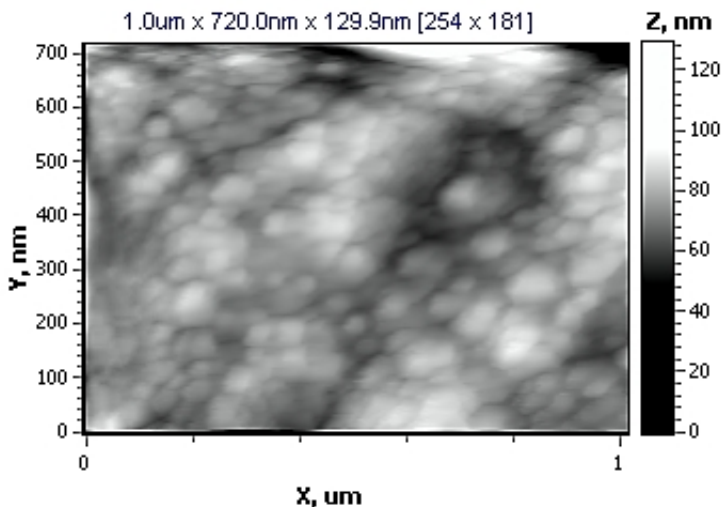


Рисунок 1 – Латеральное АСМ-изображение (NT-206) мелкоблочной структуры на глубине 0.3 мкм от внешней поверхности p-i-n-фотоприемника

для выявления фотоприемников, содержащих области разупорядочения в виде поликристаллического кремния.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМЗаруцька А.Д., *студент*

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

Світлодіоди – це напівпровідникові джерела світла, область застосування яких на сьогодні передбачає використання їх в якості освітлювальних пристроїв. Можливість плавного регулювання яскравості та кольору світлодіодів дозволяє використовувати їх для архітектурного підсвічення, в системах внутрішнього та вуличного освітлення [1].

На даний момент існує дві принципово різні технології керування світлодіодними лампами: із застосуванням безпроводового зв'язку та технологія PLC (Power Line Communication), що передбачає управління освітленням через існуючу мережу змінної напруги. Технологія PLC дозволяє передавати сигнали керування на значні відстані, однак проходження сигналів може бути ускладнено переривачами електричного струму та трансформаторами.

Принцип дії системи контролю над освітленням із застосуванням радіоканалу полягає в тому, що на кожен лампу встановлюється мікrorозмірна однокристална система, яка включає в себе необхідні датчики, мікроконтролер, флеш-пам'ять і радіоканальний блок передачі даних [2]. Інформація, що знімається з датчиків, послідовно передається на кореневий пристрій, звідки за допомогою безпроводового інтерфейсу потрапляє в центральний блок управління освітленням (ЦБУО). За моніторинг зміни умов, що впливають на управління світлодіодними світильниками, відповідають різні датчики, які підключаються до ЦБУО.

Оптимальною з точки зору дальності і якості зв'язку є система, налаштована на роботу в діапазоні 868 МГц (технологія Z-wave). Також популярними є безпроводові інтерфейси діапазону 2,4 ГГц за технологіями ZigBee, WirelessHart.

Керівник: Макаренко В.В., *доцент*

1. А. Никитин, Современ. светотех. 3, 23 (2010).
2. А. Задорожный, А. Максимов, Полупроводн. светотех. 7, 76 (2010).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА РАСХОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Дольник А.В., *студент*
НТУУ «КПИ», г. Киев

С каждым годом количество использованной электроэнергии неуклонно растет. Электроэнергия сейчас является ходовым товаром "первой необходимости".

Важнейшим направлением уменьшения коммерческих потерь является внедрение автоматизированных систем контроля и учета расхода электроэнергии АСКУЭ.

Для реализации таких систем необходимы: интеллектуальные счетчики, блоки передачи данных; сервер АСКУЭ, содержащий блок централизованного сбора данных, блок обработки данных и блок хранения данных, к которому может быть реализован доступ с помощью Web-интерфейса.

Данные со счетчиков в блок централизованного сбора данных передаются с помощью блоков передачи данных. Такие блоки могут быть реализованы как с проводным так и беспроводным интерфейсом связи. В последнее время распространены PLC-модемы, которые осуществляют передачу данных по линиям электропитания к которым и подключен счетчики.

В тех случаях, когда использование PLC-модемов нецелесообразно, используют обмен данными с помощью беспроводных технологий, в частности технологии ZigBee, которая обеспечивает обмен данными по радиоканалу, элементы которого имеют очень малую потребляемую мощность.

Использование АСКУЭ делает учет затрат энергии более эффективным и точным, частично решает проблему краж и побуждает пользователей к более экономному расходованию.

Руководитель: Макаренко В.В., *доцент*

1. Е.И. Лифанов, *Измерен.* **12**, 24 (2006).
2. В.А. Дмитриев, *Компон. и технолог.* **1**, 26 (2004).

РОЗРОБКА ПРИЛАДУ НА ОСНОВІ ІМПУЛЬСНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ОБЛАДНАННЯ

Архипов О.Г., доцент; Боярчук О.Г., студент;
Ковальов Д.О., аспірант

Технологічний інститут Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля, м. Северодонецьк

Актуальною проблемою сучасного хімічного і нафтопереробного виробництва є прагнення подовжити ресурс роботи технологічного устаткування, зберігаючи належну безпеку його експлуатації. Діагностика та моніторинг технічного стану обладнання є одним з ефективних способів вирішення даного завдання [1]. У названих галузях промисловості більшість технологічних процесів протікають в середовищі рідких електролітів, отже корозійно-механічні пошкодження мають електрохімічний характер, що сприяє розвитку електрохімічних методів корозійного моніторингу.

Метою роботи була розробка логічної блок-схеми імпульсного методу постійного моніторингу корозійно-механічних пошкоджень обладнання у реальному часі.

Імпульсний метод дозволяє оцінювати стан технологічного обладнання, як за інтенсивністю появи імпульсів руйнування, які фіксуються за певний інтервал часу, так і за зміною в часі абсолютного значення потенціалу обладнання. При такому підході, зміщується акцент в таких питаннях, як точність вимірювання і чутливість.

В процесі дослідження вимірювальної системи шляхом заміру величини потенціалу відслідковувалась динаміка корозійно-механічного руйнування. Порівнювалась кількість імпульсів циклів зовнішніх навантажень і імпульсів, що свідчать про корозійно-механічні руйнування. Встановлено, що суттєвою відмінністю і перевагою імпульсного методу порівняно з раніше відомими є можливість розпочинати автоматичний моніторинг на будь-якому етапі експлуатації обладнання.

1. В.П. Чвірук, С.Г. Поляков, Ю.С. Герасименко, *Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ* (К.: Академперіодика: 2007).

СЕКЦІЯ 6

«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА РІКАХ СУМЩИНИ

Качан М.В., студент; Кабанов Д.В., студент;
Лебедка С.М., асистент
Сумський державний університет, м. Суми

Використання та впровадження альтернативних джерел енергії є однією з найактуальніших тем сьогоденної енергетики. Одним з таких джерел енергії є енергія води. Гідроелектростанції (ГЕС) відносять до структур, які працюють довговічно (зношуваність турбін складає більше 50 років), економічно (вартість електроенергії низька), високопродуктивно (ККД гідротурбіни складає близько 90 %), також легко піддається регулюванню кількості електроенергії, що виробляє ГЕС.

У 60-х роках загальна потужність малих ГЕС України становила 65 тис. кВт. Оцінюючи енергетичний потенціал малих і середніх річок України, виявлено можливість побудови понад 2300 малих і середніх ГЕС, які можуть виробити за рік 4 млрд. кВт·год електроенергії.

Метою роботи є перевірка можливості впровадження малих ГЕС на ріках Сумської області.

Для перевірки використані наступні дані: потужність малої ГЕС – 1 кВт; ККД турбіни – 0,9; діаметр дериваційної труби – 100 мм; вартість електричної енергії для споживачів з 1 квітня 2011 року складає 28,02 коп./кВт·год.

В роботі розраховано усереднене щорічне підвищення ціни на електричну енергію в Україні – 3,3 %.

Оскільки вважається, що малі ГЕС без капітального ремонту можна експлуатувати протягом 15 років, в роботі визначено прибуток, що планується отримати протягом 15 років експлуатації ГЕС потужністю 1 кВт з урахуванням витрат на обслуговування і підвищення ціни на електроенергію, що становить 40,32 тис. грн.

За статистичними даними витрати на будівництво таких малих ГЕС складають близько 10 тис. грн./кВт. Можна зробити висновок, що проект є рентабельним.

Для деяких річок Сумської області (Шостка, Эсмань, Грунь, Борозенка) визначена необхідна довжина трубопроводу, який забезпечить необхідний напір на турбіну ГЕС.

ФАКТОРИ ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ ЄМНІСНИХ СТРУМІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 6-10 КВ

Лебедка С.М.¹, асистент; Вепрік Ю.М.², професор

¹Сумський державний університет, м. Суми

²НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розроблена математична модель, що заснована на представленні елементів електричної мережі трифазними багатополусниками і рівняннями у фазних координатах. Вона дозволяє враховувати спосіб заземлення нейтралі і відтворювати електромагнітні перехідні процеси в електричних мережах довільної конфігурації. Виконані дослідження режимів роботи мереж 6-10 кВ із застосуванням цієї моделі з метою виявлення факторів, що знижують ефективність компенсації ємнісних струмів при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ). Отримані результати дозволяють з'ясувати фактори, які знижують ефективність практичної реалізації резонансного заземлення нейтралі, і є причиною того, що реалізація цього способу нейтралі не дає бажаного ефекту.

По-перше, криві струмів біля резонансних значень реактивного опору нейтралі X_n тим крутіші, чим довшою є мережа: у протяжній мережі малі зміни значень X_n приводять до значних змін еквівалентного опору мережі і струму через реактор. Це означає, що вимоги до точності забезпечення резонансу і, відповідно, до пристроїв автоматичного налаштування ДГР, зі збільшенням сумарної ємності мережі також зростають. Це може служити причиною того, що ДГР і регулятори, які в мережах невеликої довжини ще забезпечують налаштування на резонанс, в протяжних мережах стають малоефективними, і для забезпечення резонансу необхідно розробляти досконаліші засоби.

По-друге, напруга нейтралі біля резонансних значень X_n відрізняється від фазної, і ця відмінність тим більша, чим довша мережа. Відмінність напруги від фазної не враховується при визначенні ємнісного струму ОЗЗ методом штучного зсуву нейтралі від додаткового джерела напруги. Перерахунок виміряного струму за цією формулою в припущенні, що напруга в нейтралі в режимі ОЗЗ дорівнюватиме фазній напрузі, дає неточний результат. Тому, напевно, методики визначення ємнісних струмів і налаштування ДГР вимагають доопрацювання і уточнення.

**ВИРІВНЮВАЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ ЛАНЦЮГОВИХ
ТЯГОВИХ ОРГАНІВ ТРАНСПОРТУЮЧИХ МАШИН**

Муриков Д.В., *доцент*; Василега П.О., *доцент*;
Шкарупа О.О., *студентка*; Троян М.Ю., *студентка*
Сумський державний університет, м. Суми

Одним із головних недоліків транспортуючих машин з ланцюговим тяговим органом є наявність вимушених коливань і обумовлених ними суттєвих динамічних навантажень на тяговий ланцюг. Згідно дослідження на тяговий ланцюг припадає 50-80% усіх відмов у роботі таких машин. Для усунення цього недоліку використовують вирівнювальний механізм (ВМ) [1], завдяки якого коливання швидкості обертання приводного валу здійснюються в протифазі з коливанням швидкості ланцюгового тягового органу, а тому рух останнього становиться майже рівномірним.

Зменшення нерівномірності руху ланцюгового тягового органу повинне зумовлювати і відповідне зменшення динамічних навантажень. Однак, в результаті експериментальних дослідження, встановлено, що при постійній швидкості тягового ланцюга скребкового конвеєра із ВМ динамічна складова при номінальному навантаженні складає близько 30% від повного навантаження і є тим більшою, чим коротшим є конвеєр. Це пояснюється проявом полігонального ефекту, характерного для всіх ланцюгових передач.

Для усунення цього недоліку на натяжному пристрої був встановлений пружинний демпфер, величина ходу якого разом із натяжною зірочкою дорівнює $\Delta = R(1 - \cos(\pi/z))$, де R – радіус зачеплення, а z – кількість зубів тягової зірочки. Параметри демпферних пружин вибрані так, що зусилля їх стискання дорівнює номінальному зусиллю тягового ланцюга при номінальному навантаженні. Завдяки цьому відбувається не розтягування тягового ланцюга, а відповідне стискання демпферних пружин на величину Δ . Це забезпечило зменшення динамічної складової навантаження на ланцюговий тяговий орган транспортуючої машини, яка зумовлена розтягуванням від полігонального ефекту.

1. Авторское свидетельство СРСР №932742 МКМ В65G 23/100.

РОЗРАХУНОК СУЧАСНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ПРИМІЩЕНЬ

Ноздренков В.С., доцент; Іванов О.О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

На даний час основним джерелом електричної енергії в Україні є АЕС, приблизно 52% від всієї електроенергії виробляється на АЕС, але в більш розвинені країни ведуть політику на скорочення кількості атомних електростанцій. Наступним джерелом електричної енергії є ТЕЦ або ТЕС, приблизно 47%. Але даний вид електростанцій не покращує ситуацію, тому що електроенергія на ТЕЦ або ТЕС отримується за рахунок спалення природного газу, твердого палива та інших видів палива.

Ціль роботи – встановлення параметрів фотоелектричної системи для живлення «Механічного» корпусу СумДУ. Перераховуємо все навантаження змінного струму і вказуємо її номінальні потужності та кількість годин роботи за тиждень. Знаходимо енергію постійного струму з урахуванням втрат в інверторі. Для розрахунку необхідної кількості акумуляторних батарей, потрібно знати максимальне число послідовних «днів без сонця» N_{bc} (тобто коли сонячної енергії не достатньо для заряду акумуляторних батарей і відповідно для роботи навантаження із-за негоди або хмарності). Розраховуємо кількість пікових сонце-годин в день для заданої місцевості. Для цього середньомісячне надходження сонячного випромінювання в кВт·год/місяць на площадку, той же кут нахилу, що і сонячні батареї, необхідно розділити на кількість днів місяця. Під піковими часами розуміють години з інтенсивністю випромінювання 1000 Вт/м^2 . Таким чином при експлуатації системи літній період можна рахувати за місяцем з найменшим значенням. Якщо енергопостачання повинно повністю відбуватись за рахунок сонячних батарей, то розрахунок повинен вестись по найбільш холодному місяцю. Недоліком в даному випадку буде велике число необхідних сонячних батарей, а отже і великі затрати. Оскільки для даної будівлі є резервне джерело живлення, розрахунок будемо вести за середньо річним значенням пікових сонце-годин. В теплу пору року вироблена енергія може передаватись до загальної мережі, а в холодну пору року забирати з мережі необхідну енергію.

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ НА НАГРІВ ДЕФЕКТНИХ З'ЄДНАНЬ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ ДАНИХ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБЛАДНАННЯ

Титаренко А.В., *інженер*; Федірка С.В., *студент*;
Вольвач Р.С., *студент*; Петровський М.В., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

В роботі проведений розрахунок втрат на нагрів дефектних з'єднань розподільчих пристроїв підстанцій на основі даних тепловізійної діагностики обладнання. У нормальному режимі роботи електричної мережі, температура струмопровідних поверхонь елементів розподільних мереж повинна відповідати температурі навколишнього середовища. Якщо температура поверхні струмопровідного елемента більше температури навколишнього середовища виникає перегрів, що в остаточному підсумку може призвести до перегорання проводу, і виникненню аварії. Будь-яка аварія в енергосистемі веде до псування дорогого обладнання, і до недовідпуску електричної енергії.

Під час проведення термографічного обстеження високовольтних ліній та підстанцій Сумської групи, були виявлені різноманітні аварійні дефекти з'єднань. На основі отриманих даних температури нагріву дефектних струмопровідних поверхонь, розраховувались активні втрати енергії, які витрачаються їх нагрів за формулою:

$$\Delta D = cS \int_{t_1^0}^{t_2^0} (t_2^0 - t_1^0) dt,$$

де ΔD – активні втрати енергії, Вт; c – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²°С; t_1^0 – температура навколишнього середовища, °С; t_2^0 – температура проводу, °С.

Таким чином застосування тепловізійної діагностики обладнання дозволяє вирішити два завдання: виявлення дефектів поверхні струмопровідних шин та ізоляційних конструкцій апаратів силового обладнання розподільчих пристроїв з метою запобігання аварій, та одержання даних з метою розрахунку втрат електроенергії в мережі.

ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ НА АКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Дяговченко И.Н., студент; Червякова Л.П., ассистент;
Петровский М.В., доцент

Сумский государственный университет, г. Сумы

В настоящее время большое количество потребителей электроэнергии генерируют в силовую сеть различного рода помехи, что связано с внедрением импульсных блоков питания, а также широким использованием в устройствах нелинейных элементов. Это приводит к ухудшению качества электроэнергии, поступающей потребителям, которая должна соответствовать ГОСТ 13109. Несинусоидальность питающего напряжения может приводить к изменению энергетических характеристик цепи, в частности к изменению потребляемой активной мощности, что указывает на актуальность выбранной тематики исследования.

Объектом исследования является простейшая электрическая цепь с одним элементом нагрузки сопротивлением 100 Ом имеющего активный характер. Входное напряжение представляем в виде суммы трех гармонических составляющих, амплитуды которых составляют 140 В, 46 В, 28 В. Для исследуемой цепи определялась величина тока при последовательном увеличении количества гармоник во входном напряжении и определялась величина потребляемой активной мощности, которая приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Значение активной мощности

Наличие гармоник в $U(t)$	Мощность P , Вт
1-я	219,07
1-я, 3-я	229,98
1-я, 3-я, 5-я	233,89

Проведенный расчет показывает, что с увеличением несинусоидальности питающего напряжения увеличивается потребляемая активная мощность, что свидетельствует о необходимости компенсации высших гармоник в распределительных сетях для уменьшения энергопотребления.

УСТРАНЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ И НЕСИММЕТРИЮ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4-10 КВ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Федотов А.И., *д.т.н., профессор*; Ахметшин А.Р., *аспирант*

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Постоянный рост энергопотребления в распределительных сетях (РЭС) напряжением 0,4-10 кВ, приводит к ухудшению показателей качества электроэнергии (ПКЭ) [1], это связано с недостаточным темпом и высокой стоимостью реконструкции РЭС, отличающихся значительной протяженностью.

Для улучшения ПКЭ и уменьшения потерь электроэнергии рассмотрим применение вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) к ним можно отнести пункты автоматического регулирования напряжения (ПАРН) предназначенные к установке в сетях напряжением 10 кВ, ТВМГ, предназначенные к установке в сетях напряжением 0,4 кВ, а также трансформаторы типа ТМСУ, со специальным встроенным симметрирующим устройством нулевой последовательности, позволяющие снизить несимметрию напряжения в сетях 0,4 кВ [2].

Используя рассмотренное современное оборудование в РЭС 0,4-10 кВ в виде ПАРН, ТВМГ, ТМГСУ можно избавиться от основных таких негативных явлений как несимметрия напряжений и отклонение напряжения, тем самым улучшить ПКЭ, а также уменьшить потери на ЛЭП за счет компенсации токов обратной и нулевой последовательности. Установка ВДТ в рассмотренных схемах с целью улучшения ПКЭ и снижения потерь электроэнергии значительно дешевле, чем реконструкция ЛЭП. Можно отметить, что установка ВДТ занимает порядка нескольких дней, обеспечивая устранение негативных явлений в минимальные сроки.

1. ГОСТ 13109. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор рационального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №5-6, 2011. с. 113-118.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ТАЙМЕРНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Полетаев Д.А., *ассистент*; Соколенко Б.В., *аспирант*,
Марущак Б.А., *студент*; Баша К.А., *студент*
Таврический национальный университет имени В.И.Вернадского,
Симферополь, Крымский научный центр НАН и МОН Украины

В настоящее время, наряду с использованием альтернативных источников, важно рационально использовать уже произведенную. Существует целый ряд помещений, где потребность в постоянном освещении отсутствует: лестничные клетки, рекреации [1]. Однако, зачастую электроэнергия на подсветку данных помещений расходуется круглосуточно. Таймерные устройства позволяют включать освещение на определенный промежуток времени при поступлении запускающего сигнала [2].

Целью работы является разработка высокоэффективного энергосберегающего автоматического устройства, обладающего широкими эксплуатационными характеристиками.

Структурная схема разработанного таймерного выключателя содержит: силовой блок, таймер, датчик. Силовой блок предназначен для коммутации электрической нагрузки с сетью переменного или постоянного тока. Таймер обеспечивает подачу управляющего сигнала на силовой блок. Датчик обеспечивает запуск таймера. В качестве датчика могут выступать сенсорный контакт, акустический датчик.

Изготовлена партия опытных образцов энергосберегающих выключателей, проведен комплекс испытаний, получены акты внедрения устройств на предприятиях Крыма. Конструкция таймерного выключателя защищена патентом Украины на полезную модель.

1. Элсенпитер Р.К., Умный дом строим сами (Москва: КУДИЦ-Образ: 2005).
2. Быстрицкий Г.Ф., Энергосиловое оборудование промышленных предприятий (Москва: ACADEMIA: 2003).

ЗБІР ЕНЕРГІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ НАДНИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

Ленивий В.В., студент

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

Збір енергії - це технологія за допомогою якої енергія від навколишніх джерел таких як світло, температурний градієнт, вібрація і біологічні процеси може бути зібрана і збережена, а потім використана для виконання корисної роботи. Приклади систем в яких може бути використано збір енергії це бездротові сенсорні мережі, пожежні сигналізації, бездротові клавіатури та мишки, медичні прилади.

Бездротова сенсорна система може використовуватись, наприклад, для контролю цілісності конструкцій мосту. В такому випадку для збору енергії можна використати сонячні батареї та пристрої, які збирають енергію вібрацій. Для роботи бездротової клавіатури та мишки крім енергії отриманої від сонячних батарей можна також використати енергію від рухів, які робить користувач. Медичні прилади, які імплантовані або прикріплені до людини можуть збирати енергію не тільки від рухів людини і її тепла, а і від біологічних процесів, які протікають у людині.

В той час, коли енергія із навколишніх джерел не надходить, система працює від батареї або конденсатора, який зарядився раніше. Такі рішення спрощують обслуговування систем, оскільки не потрібно замінювати елементи живлення у кожному модулі, які можуть бути встановлені на великій площі та у важкодоступних місцях.

Ця технологія використовувалась і раніше. Наприклад, у калькуляторах та годинниках. Тепер же з'явилися мікросхеми із наднизьким енергоспоживанням, які дозволяють розширити коло охоплених задач. Найяскравішим прикладом є сімейство мікроконтролерів MSP430 фірми Texas Instruments.

1. Brian Lum-Shue-Chan, Karthik Kadirvel, *Energy Harvesting Enables Ultra-Low Power Applications*, ECN (December 12, 2011)
2. Murugavel Raju, Mark Grazier, *Energy Harvesting* (Texas Instruments, 2010).

БЕЗДРОВОТА ПЕРЕДАЧА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Волохін В.В., *ст. викладач*; Супрунов Д.С., *студент*
Сумський Державний університет, м. Суми

Бездротова передача енергії – це спосіб транспортування енергії від одного об'єкту до іншого без наявності дротів. Це стало можливим після відкриття електромагніта У. Старджеоном та явища електромагнітної індукції М. Фарадеєм. Відкриття котушки Румкорфа привело до створення трансформатора.

Об'єктом дослідження був трансформатор, складовими якого були дві мідні обмотки (первинна і вторинна). На первинну обмотку подається енергія з мережі. Змінний струм, який тече по первинній обмотці, створює змінний магнітний потік. Під дією електромагнітної індукції поля двох котушок взаємодіють між собою – так відбувається транспортування енергії. Котушки мають бути налагоджені на однакову частоту резонансу. Для покращення магнітного зв'язку обмотки розміщують концентрично одна на одній.

Першим дослідом була передача енергії на декілька метрів від джерела енергії до лампи потужністю 60 Вт. У процесі досліду виявилось, що на ККД впливають такі фактори: розміри котушок, відстань між ними, а також геометричні параметри. Наприклад, змінивши відстань між котушками від 1,6 – 2,7 м ККД збільшується на 10%.

Бездротова передача енергії є безпечною для життя людини, економічно вигідною для різних галузей виробництва, ефективною та розповсюдженою. Ця технологія набула найбільшого розвитку у комунікаційних, медичних, транспортних аспектах.

Наприклад, бездротовий інтернет, термінали, мобільні телефони, бездротові мишки та клавіатури, зарядні пристрої, електромобілі, медичні апарати. На базі цієї технології створена система WiPower – це приклад індукційної зарядки, за допомогою якого можна заряджати портативну електроніку, просто поклавши її на спеціальну панель. Така технологія перевершує дротові системи передачі енергії на відстані.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Купцов Д.В., студент

НТУУ «КПИ» Институт энергосбережения и энергоменеджмента,
г. Киев

С энергетической точки зрения привод – главный потребитель электрической энергии. В развитых странах его доля в общем потреблении составляет более 60% всей электрической энергии.

Для существенного энергосбережения рационально использовать регулируемый привод, переходить от асинхронных машин, с низким КПД, к синхронным машинам, в т.ч. с постоянными магнитами. В связи с недавними достижениями в области полупроводников особо актуальными стали полупроводниковые схемы регулирования привода вместо низкоэффективных схем генератор-двигатель и машин двойного питания. При выборе привода особо важен правильный расчет и последующий выбор мощности, максимально близкой к расчетной, из предложений на рынке. Оптимизация режимов работы привода также вызывает уменьшения потребляемой энергии. Она включает в себя уменьшения количества динамических режимов, как таких, при которых идет существенная потеря энергии, расчет времени целесообразной работы привода на холостом ходу, т.е. уменьшение количества пусков и ускорений. Определено, что работа на холостом ходу будет целесообразна, если энергия на пуск будет больше энергии затрачиваемой на поддержание привода на холостом ходу заданное время.

В связи с растущими ценами электроэнергию все более актуальными становятся технологии энергосберегающих двигателей, в которых за счет увеличения массы активных материалов (железа на 30-35%, меди на 20-25%, алюминия на 10-15%) повышается КПД. Вместе с максимально возможным устранением промежуточных механизмов, таких как редукторы и муфты, а по возможности - объединения двигателя и рабочего механизма, это приводит к существенному уменьшению потребляемой мощности.

В результате установлено, что использование новых технологий совместно с выбором привода под конкретные условия эксплуатации позволяют экономить 3-8%, а в отдельных случаях до 15% энергии.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕТЯХ

Лайкина Е.В., студентка

НТУУ «КПИ» Институт энергосбережения и энергоменеджмента,
г. Киев

Существенная часть электрической энергии теряется в электрических сетях при транспортировке к конечному потребителю. Уменьшение потерь в этих сетях приведет к значительной экономии средств и энергосбережению в целом.

Одним из способов энергосбережения является перевод электрической сети (участков сети) на более высокий класс напряжения. Определено, что повышение класса напряжения приведет к пропорциональному уменьшению тока, что в свою очередь, исходя из закона Ома, приведет к изменению потерь мощности равному квадрату изменения тока. Кроме того, нужно предпринимать комплекс мер для симметрирования нагрузки, ведь только при симметрии по фазам можно добиться минимальных потерь. Так же важную роль в снижении потерь играет компенсация реактивной мощности. Для компенсации используются синхронные компенсаторы и конденсаторные батареи. Они уменьшают перетоки реактивной мощности в сети, что влечет за собой уменьшение потерь активной мощности в сети. Установлено, что наиболее эффективной и одновременно наиболее дорогой является индивидуальная компенсация, она уменьшает перетоки реактивной мощности как в питающей так и в распределительной сетях, а также разгружает трансформаторы.

Важной задачей электроснабжения является максимально возможное выравнивание графика нагрузки, так как тогда обеспечивается максимальная эффективность использования энергосистемы. Системы собственных нужд, способные накапливать энергию в часы провала (накачка воды для нужд персонала, электронагрев помещений) способствуют выравниванию графика нагрузки тем самым сберегают часть энергии.

Сочетание современного оборудования и эффективной организации энергоснабжения позволяют значительно сократить потери и повысить эффективность электросетей.

СЕКЦІЯ 7

«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ КОДУВАЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

БИНОМИАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ

Борисенко А.А., профессор; Маценко С.М., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

На практике существует важная задача измерения времени, которая широко применяется в различных производственных процессах, в вычислительной технике. В связи с широким распространением данных устройств, возрастают требования к улучшению их характеристик с точки зрения точности, надежности и быстродействия. Особо важным для надежной работы устройств измерения является их помехоустойчивость, так как появление в процессе работы ошибок может привести к непредсказуемым ситуациям.

Для повышения помехоустойчивости цифровых измерителей в структуру таких устройств можно включить помехоустойчивые блоки, в частности помехоустойчивый биномиальный счетчик. Он позволяет обнаруживать сбои, возникающие в процессе работы устройства. Структурная схема цифрового измерителя на основе биномиального счетчика приведена на рис. 1.

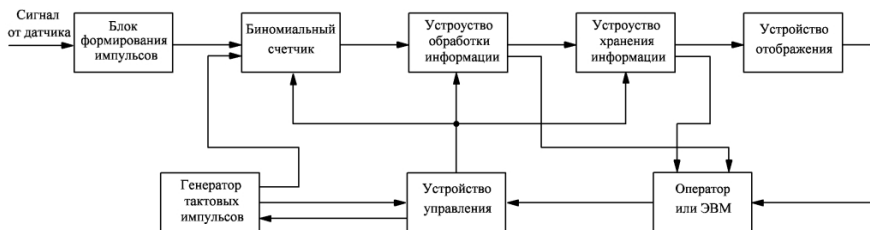


Рисунок 1 – Структурная схема цифрового биномиального измерителя.

В этом устройстве сигнал от датчика поступает на блок формирования импульсов, после чего передается на биномиальный счетчик. Биномиальный счетчик подсчитывает в биномиальном коде число пришедших от тактового генератора импульсов, пропорциональных длительности временного интервала. Далее организовывается цикл последовательной передачи полученных данных в устройство обработки и отображения информации.

БИНОМИАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИНФОРМАЦИИ В СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Костель С.В., ассистент; Рева В.В., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

На сегодняшний день сенсорные сети являются передовым направлением в развитии распределенных измерительных и вычислительных систем. Специфические особенности их построения и функционирования обуславливают необходимость создания и развития новых подходов для сжатия информации в сенсорных сетях.

В работе предлагается использовать метод биномиального нумерационного сжатия (БНС) [1] для уменьшения объема передаваемой в сенсорных сетях информации. Сжатие сообщений в каждом узле сети выполняется за счет преобразования двоичных данных в соответствующий им номер в биномиальной системе счисления. Отличительной особенностью метода БНС является возможность сжимать двоичные последовательности без знания статистических характеристик распределенной между узлами сенсорной сети информации. Для применения метода БНС в сенсорных сетях была предложена его модификация. Процесс сжатия информации указанным методом разбивается на независимые этапы. Новая информация добавляется к уже имеющемуся архиву без его предварительного восстановления. Это позволяет выполнять сжатие распределенной между узлами сенсорной сети информации в один архив, увеличивая тем самым коэффициент сжатия.

Предлагаемый метод сжатия информации обладает рядом достоинств по сравнению с существующими методами сжатия при использовании их в сенсорных сетях: метод сжатия не требует предварительной оценки сжимаемых сообщений с целью набора статистики, поскольку такая процедура в сенсорных сетях зачастую не представляется возможной; искажение разрядов в номере биномиального числа не является критичным для приема всего потока данных; использование биномиальных чисел дает возможность производить обработку исходных данных (фильтрацию, поиск и т.д.) в сжатом виде.

1. И.А. Кулик, С.В. Костель, *АСУ и приборы авт.* No149, 66 (2009).

ФИБОНАЧЧИЕВЫЙ МИКРОПРОГРАМНЫЙ АВТОМАТ УИЛКСА

Борисенко А.А., профессор; Олейник С.Н., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Для любого устройства, которое используется в том или ином применении, ставятся требования обеспечения надежности. Особенно это важно, когда речь идет об управляющих устройствах, которые управляют ответственными объектами и в которых могут произойти сбои или отказы. В цифровых устройствах количество сбоев намного выше, чем количество отказов. Чтобы устранить отказ, нужна замена или ремонт соответствующего узла, что является очень затратным, а для устранения сбоя нужно всего лишь восстановить информацию, которая исказилась. Обеспечение недопустимости потери управления из-за воздействия помех можно достичь методом повышения надежности устройства.

В основе многих управляющих схем цифровой техники лежат микропрограммные автоматы Уилкса. Они часто применяются для управления операционными схемами. Главными достоинствами автомата Уилкса являются достаточно высокое быстродействие, универсальность, возможность реализации на ПЛИС, а также низкая потребляемая мощность. Хотя эти достоинства и привели к широкому использованию таких автоматов, но их надежность все же не удовлетворяет повышенным требованиям к современным системам управления.

Поэтому целесообразным является повышение надежности автоматов Уилкса с точки зрения помехоустойчивости и отказоустойчивости, используя для этой цели различные помехоустойчивые коды, среди которых выделим коды Фибоначчи. Эти коды характеризуются информационной избыточностью и регулярной структурой, вследствие чего, на их основе возможно построение цифровых устройств и систем с повышенной помехоустойчивостью. В настоящее время не известны автоматы Уилкса, использующие коды Фибоначчи, хотя их использование в этих устройствах позволяет строить автоматы более надежными и менее восприимчивыми к помехам. Такое решение предлагается в данном докладе.

МЕТОД МУЛЬТИКОДОВОЙ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ

Посный С.Н.¹, студент; Кулик И.А.¹, доцент;

Чередниченко В.Б.², ст. преп.

¹ Сумский государственный университет, г. Сумы

² СФ Харьковского университета внутренних дел, г. Сумы

Анализ проблем, связанных с обеспечением качества передачи, показывает, что перспективным является использование в адаптивной системе передачи нескольких помехоустойчивых кодов, различающихся избыточностью и ошибкообнаруживающей способностью, применение которых зависит от уровня помех, присутствующих в канале, и требуемой скорости передачи данных.

В качестве кода, предназначенного для передачи данных в условиях низкого уровня помех, выбирается код с одной проверкой на чётность. Для дальнейшего повышения качества передачи предлагается использовать равновесный код, который можно применять для каналов со средним уровнем помех. При большом числе ошибок частота переспросов возрастает и, следовательно, скорость передачи информации падает, а значит, уменьшается производительность системы защиты. С тем, чтобы не допустить существенного снижения скорости передачи при высоком уровне помех предлагается применить корректирующий комбинаторный плоскостной код, который использует возможность нахождения любой точки плоскости системой комбинаторных координат.

Исследование помехоустойчивости используемых кодов проводится на основе такого критерия как вероятность необнаруживаемой ошибки. В качестве модели канала передачи используется асимметричный канал без памяти. Такая модель канала представляет наибольший интерес, поскольку она наиболее часто используется для моделирования процессов в реальных каналах связи. На основании разработанного метода мультикодовой защиты данных от ошибок разработан алгоритм работы системы передачи данных.

В данной работе предложен метод мультикодовой защиты данных от ошибок в канале связи, позволяющий повысить среднюю скорость передачи информации по последовательному каналу при ограничениях на качество передачи данных, что в целом приводит к повышению производительности системы связи.

СПД НА ОСНОВЕ КОДА БАУЭРА

Гриненко В.В., *ст. преп.*; Протасова Т.А., *ст. преп.*;

Дяченко А.В., *студент*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Разработанное устройство кодирования-декодирования информации предназначено для повышения достоверности передачи информации. Устройство работает на основе инверсного кода с повторением (код Бауэра) [1].

Процесс декодирования содержит следующие шаги:

- выполняется свертка по модулю два информационной части;
- результат равен нулю: поразрядно сравниваются элементы информационной и проверочной частей;
- результат свертки равен единице: сначала каждый разряд проверочной части инвертируют, а затем поразрядно сравнивается с одноименным разрядом информационной части.

Принятая кодовая комбинация считается ошибочной, если обнаружено хотя бы одно несовпадение значений разрядов информационной и проверочной частей.

Код Бауэра обнаруживает все ошибки, за исключением парных «симметричных» ошибок, т.е. одновременного искажения одинаковых разрядов в исходной и проверочной составляющих кодовой комбинации.

Для повышения достоверности передачи информации в разработанном устройстве предусмотрена решающая обратная связь (РОС) с векторным переспросом. При векторном переспросе повторной передаче подлежат только искаженные данные, при этом указание на искаженный участок данных осуществляется с помощью вектора ошибки.

Разработанное устройство рациональнее использовать в шумящих каналах связи при действии пакетов ошибок. Код Бауэра дает высокую вероятность обнаружения ошибок, а векторный переспрос обеспечит минимальную разрядность сообщения, передаваемого по обратному каналу связи.

1. *Кодирование информации. Двоичные коды: Справочник* (Харьков: Вища школа: 1978).

НУМЕРАЦІЯ РАВНОВЕСНЫХ КОДОВ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Протасова Т.А., *ст. преп.*; Пономарчик О.Н., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Достаточно широко в настоящее время при передаче, хранении и преобразовании информации применяются равновесные коды. Наиболее эффективным является их применение в асимметричных каналах связи, т. е. каналах, в которых имеет место только один вид ошибок. При этом равновесный код обнаруживает все ошибки. При заданной длине кодового слова оптимальный код с постоянным весом имеет обычно больше разрешенных комбинаций, чем разделимый код с эквивалентной обнаруживающей способностью.

Представленное устройство разработано с целью нумерации равновесных кодовых комбинаций.

На первом этапе равновесный код преобразуется в биномиальный, для чего сначала определяется содержание младшего разряда равновесной кодовой комбинации, равное 1 или 0. Если младший разряд равен 1, то все единицы до первого 0, которые идут после него в сторону старших разрядов, инвертируются, а младший единичный разряд исходной равновесной комбинации из рассмотрения исключается. Если в младшем разряде равновесной комбинации находится 0, то ее младший разряд отбрасывается, и тем самым биномиальное число будет получено.

На следующем этапе осуществляется нумерация полученного биномиального слова. Для каждого разряда биномиального числа вычисляется количество единиц q , расположенных в старших по отношению к нему разрядах. Затем для каждого значащего разряда полученного биномиального числа вычисляются контрольные числа $k' = k - q$ и с их помощью соответствующие числа сочетаний $C_n^{k'}$. Полученные величины $C_n^{k'}$ суммируются. Результат представляет собой двоичный номер преобразуемой равновесной кодовой комбинации.

За счет поразрядного распараллеливания операций достигается высокое быстроедействие преобразования.

ЦИФРОВОЙ АВТОМАТ ДЛЯ ПЕРЕБОРА КОМПОЗИЦИЙ

Протасова Т.А., *ст. преп.*; Протасова Е.А., *аспирант*
Сумский государственный университет, г. Сумы

При решении задач обработки, хранения и передачи информации, в криптографии и криптоанализе широко применяются комбинаторные методы решения и, как следствие, комбинаторные конфигурации, например, композиции.

Композицией является последовательность из m целых положительных чисел (цифр), сумма которых равна p . Максимальная цифра в композиции $q = p - m + 1$.

Цифровые автоматы, осуществляющие перебор комбинаторных конфигураций, являются специализированными устройствами и, соответственно, требуется для новых параметров проводить новый синтез.

К рассмотрению предлагается универсальный метод синтеза автоматов для перебора композиций с любыми параметрами. В его основу положена теория многозначного биномиального счета и синтезированные на ее основе биномиальные счетчики [1].

Композиции формируются следующим образом. Счетчик формирует на своих выходах многозначные биномиальные числа с требуемыми параметрами. К значению каждого разряда прибавляется единица. Для выполнения этой функции используются дополнительные сумматоры. На выходе каждого сумматора формируется элемент композиции. Таким образом формируются все разряды композиции кроме последнего. На следующем шаге находится сумма элементов композиции и производится ее вычитание из параметра p с помощью вычитающего устройства. Результат вычитания является последним элементом композиции [2].

Предложенный метод синтеза универсален, а применение биномиальных счетчиков позволяет обнаруживать ошибки в работе.

1. О.А. Борисенко, *Біноміальна лічба і лічильники: Монографія* (Суми: Вид-во СумДУ: 2008).
2. А.А. Борисенко, Е.А. Протасова, *Вісник СумДУ. Тех. науки.* **2**, 123 (2007).

АЛГОРИТМ ПОЛУЧЕНИЯ КЛАССОВ РАСШИРЕНИЯ КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ КОДОВ

Скордина Е.М., аспирант; Савченко Б.В., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Рассмотренные в работе [1] биномиальные преобразования могут быть использованы не только для генерирования квазиравновесных комбинаций вида $Y[n-1, k, k-1]$, где параметры $n-1$ – длина кодовых комбинаций, а $k, k-1$ – количество единиц в них, а также для генерирования классов расширения квазиравновесного кода вида – $Y[n-1, n-k-1, k-1]$, $Y[n-1, k, n-k]$, $Y[n-1, n-k-1, n-k]$, что возможно с применением свойств суммирования и симметрии биномиальных коэффициентов. Так, например, используя двоичные биномиальные числа с параметрами $n=6$ и $k=4$, наряду с квазиравновесными комбинациями вида $Y[5, 4, 3]$ возможно генерирование квазиравновесных кодов $Y[5, 4, 2]$, $Y[5, 1, 3]$ и $Y[5, 1, 2]$.

Предлагаемые алгоритмы переходов к классам расширения квазиравновесных кодов основываются на том, что множество квазиравновесных кодов состоит из четырех непересекающихся подмножеств $Y^1 = Y_{k-1}^1 \cup Y_k^1$, $Y_{k-1}^1 \cap Y_k^1 = \emptyset$ и $Y^0 = Y_{k-1}^0 \cup Y_k^0$, $Y_{k-1}^0 \cap Y_k^0 = \emptyset$, где $Y = Y^0 \cup Y^1$, $Y^0 \cap Y^1 = \emptyset$, Y_{k-1}^1, Y_k^1 – подмножества, состоящие из комбинаций, которые заканчиваются на «1» и содержат $k-1$ и k единиц соответственно, Y_{k-1}^0, Y_k^0 – подмножества, состоящие из комбинаций, которые заканчиваются на «0» и содержат $k-1$ и k единиц соответственно. Разработанные алгоритмы генерирования классов расширения заключаются в том, что необходимо провести инверсию значений двоичных разрядов в квазиравновесных комбинациях Y_j соответствующей пары подмножеств Y_{k-1}^0, Y_{k-1}^1 или Y_k^0, Y_k^1 исходного кода $Y[n-1, k, k-1]$.

Таким образом, с помощью достаточно простых алгоритмов перехода от квазиравновесных комбинаций к классам расширения, можно получать множество кодов, обладающие лучшими свойствами, чем исходные.

1. И.А. Кулик, Е.М. Скордина, *Вестник СумГУ* **2**, No3, 178 (2010).

ОЦЕНКА АППАРАТУРНЫХ ЗАТРАТ ДВОИЧНЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ

Борисенко А.А., профессор; Маценко С.М., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Оценка аппаратурных затрат является важной характеристикой при выборе счетных устройств. В данной работе проведена оценка аппаратурных затрат двоичных биномиальных счетчиков, достоинством которых является их ошибкообнаруживающая способность без введения дополнительной аппаратуры на реализацию данного свойства.

Данная оценка проводилась по методу Квайна, т.е. по суммарному количеству входов приходящихся на каждый логический элемент. В результате анализа структуры схемы было получено следующие соотношение:

$$Z = k + 3n(2k + 5) - 2,$$

где n – число разрядов, k – контрольное число.

Динамика изменения аппаратурных затрат в зависимости от параметров n и k представлена на рис. 1.

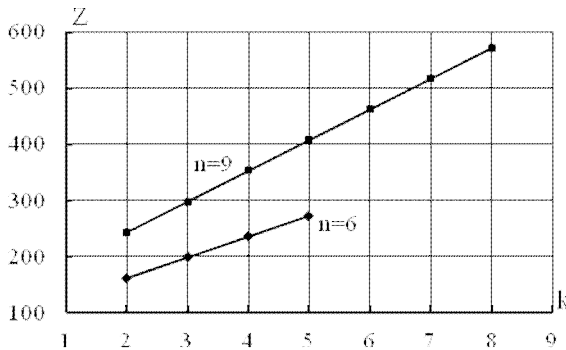


Рисунок 1 – Зависимость аппаратурных затрат от параметров счетчика.

Из рисунка видно, что при неизменных значениях n и варьирующихся значениях k аппаратурные затраты увеличиваются линейно.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОСИГНАЛУ ЧЕРЕЗ МЕРЕЖУ ІНТЕРНЕТ

Зубань Ю.О., доцент; Крючко Є.В., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Проблема організації передачі відеосигналу через мережу Інтернет особливо актуальна в контексті сучасного розвитку веб-контенту та інтернет-орієнтованих систем передачі даних. Враховуючи те, що основні протоколи передачі даних по глобальній мережі розроблялися майже 20 років тому, в них виявилось багато структурних недоліків, які значно ускладнюють використання Інтернету для передачі потокового аудіо та відео. Основним недоліком є те що глобальна мережа, як і покладений в її основу Ethernet не є ані системою реального часу, ані системою гарантованих характеристик. Час затримки пакетів, реальна швидкість передачі та інші характеристики залежать від дуже великої кількості чинників і досить складно піддаються математичному моделюванню. Крім того мережевий протокол не в змозі контролювати збереження послідовності приходу інформаційних пакетів до приймача. Контролюється виключно цілісність даних, що недопустимо для систем реального часу. Втім за останній час вдалося значно збільшити пропускну здатність Інтернет каналів, що дозволяє створення на основі веб-технологій систем передачі відеосигналу псевдо реального часу.

В роботі запропоновано для передачі відеосигналу використовувати UDP протокол без гарантованої доставки даних і перезапитів. Відсутність зворотного зв'язку значно зменшує затримки в каналі, що важливо для поточкових даних, але не дозволяє контролювати цілісність переданої інформації. Тому для забезпечення функціонування СПД в умовах можливої втрати пакетів чи спотворення окремих інформаційних послідовностей, необхідно використовувати завадостійкий код. Код Ріда-Соломона було обрано як найбільш компромісний між інформаційними характеристиками та складністю технічної реалізацій кодера-декодера. Для корегування послідовності втрачених даних в алгоритмі розробленого кодера до кожного інформаційного пакету додається унікальний тайм-код.

Дана система була створена та пройшла випробування під час інтернет-відеотрансляцій в СумДУ.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЧНОГО МУЛЬТИПЛЕКСИ- РОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Зубань Ю.А., доцент; Знаменщиков Я.В., студент
Сумский государственный университет, м. Суми

При проектировании устройств сбора, обработки и передачи данных в цифровом виде часто возникает необходимость работы с несколькими источниками данных.

Например, есть задача произвести помехоустойчивое кодирование и передачу данных, полученных с N каналов. Данные хранятся в памяти ОЗУ и образуют матрицу размером $N \times M$, где N - количество столбцов, M – количество строк. Данные с каждого канала содержатся в столбцах, но в ячейки памяти записаны строки матрицы. Если с помощью помехоустойчивого кода (например, Рида-Соломона) произвести кодирование матрицы по строкам и закодировать весь массив данных целиком, то в случае искажения большого количества разрядов информационного пакета будет невозможно восстановить данные, что приведет к их потере.

Для помехозащищенной передачи многоканального цифрового сигнала целесообразно использовать метод матричного мультиплексирования, суть которого заключается в следующем. Необходимо произвести транспонирование матрицы $N \times M$. В таком виде записи данные о каждом канале будут храниться в строках, т.е. каждый канал в отдельной ячейке памяти. Это дает возможность прямого доступа к данным о каждом с N каналов, их независимого кодирования и передачи. Следовательно, при невозможности восстановления потеряны будут только данные с тех каналов, которые были подвергнуты влиянию помехи. Данные с остальных каналов будут успешно декодированы со стороны приемника.

Приведенный метод может быть использован для обработки и передачи аудио сигналов, показаний датчиков и в других сферах, где необходимо передавать данные от нескольких источников с высокой надежностью и высокой скоростью.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ КОДОВ

Гриненко В.В., *ст. преп.*; Лукьяненко А.О., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Для обеспечения высокой достоверности функционирования цифровых устройств применяются различные методы резервирования, основанные на введении структурной, временной и информационной избыточности. При этом большую эффективность обнаруживать ошибки, возникающие в вычислительном канале, имеют устройства, построенные на основе кодов, обладающих свойствами обнаружения или исправления ошибок.

Одними из критериев, используемых для оценки достоверности работы цифровых устройств, являются вероятности необнаружения ошибок и формирования правильного результата при независимом характере возникновения ошибок на выходе вычислительного канала.

При использовании дублирования вычислительных каналов в цифровых устройствах на основе модифицированных биномиальных кодов были рассмотрены два метода принятия решения решающим органом. В первом методе один из каналов является ведущим, а во втором оба канала считаются равнозначными. Проведенные исследования показали, что применение дублирования при наличии ведущего канала не приводит к уменьшению необнаруживаемой ошибки, а даже незначительно увеличивает ее. В то же время применение дублирования при равнозначных каналах позволяет значительно уменьшить вероятность необнаружения ошибки в формируемой выходной комбинации.

При использовании структурного резервирования по мажоритарному принципу два из трех возможны два метода формирования выходного состояния устройства. В первом методе выходная комбинация формируется на основе поразрядного сравнения состояний каждого из вычислительных каналов, а во втором случае на основе анализа комбинаций на выходе вычислительных каналов. Использование обоих методов позволяет значительно уменьшить вероятность необнаружения ошибки на выходе устройства с резервированием по мажоритарному принципу.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДВОИЧНЫХ КОДОВ В ПЕРЕСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ФАКТОРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Горячев А.Е., аспирант

Сумский государственный университет, г. Сумы

На практике распространена задача преобразования двоичных чисел в различные комбинаторные объекты. Среди этих объектов особое место занимают перестановки, так как они используются в задачах защиты информации от несанкционированного доступа, комбинаторной оптимизации, контроля ошибок [1]. Последняя задача особо интересна при контроле ошибок в массивах данных большой длины, так как в этом случае можно достичь высокой скорости передачи информации за счёт высокой помехоустойчивости [2].

В стандартах шифрования данных перестановки используются для перемешивания шифруемой информации. Среди задач комбинаторной оптимизации наиболее известна задача коммивояжёра, которая также требует получения перестановок, на которых ищется целевая функция. Перечисленные задачи требуют разработки эффективного метода преобразования двоичных чисел в перестановки, причём эта задача должна решаться для чисел большой длины. Исходя из этого, предлагается метод преобразования двоичных последовательностей в перестановки на основе факториальной системы счисления [1]. Суть метода состоит в том, что вначале двоичное число преобразуется в факториальное число, которое далее преобразуется в перестановку [1].

Предлагаются следующие усовершенствования данного метода. Для преобразования двоичных чисел в факториальные числа деление двоичных чисел на основания заменяется делением на факториалы оснований, а при преобразовании факториальных чисел в перестановки используется сортировка элементов перестановки. Это повышает быстродействие преобразований за счёт сокращения количества операций преобразования, а также за счёт получения готовых цифр факториального числа и элементов перестановки до окончания процесса преобразования.

1. О.А. Борисенко, І.А. Кулик, О.Є. Горячев, *Вісник СумДУ. Тех. н. No1*, 183 (2007).
2. А.Е. Горячев, *Вісник СумДУ. Тех. н. No3*, 169 (2009).

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ С РЕЧЕВЫМ ИНФОРМАТОРОМ

Новгородцев А.И., *доцент*; Корчан И.Н., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

С целью безопасной эксплуатации современного автомобиля его бортовая система содержит датчики информации для контроля работы основных узлов. Актуальность таких систем, в условиях современного мира и высокой плотности транспорта на дорогах, является неоспоримой. Незнание водителя о неисправности может не только привести к материальным затратам, но и быть опасным для жизни как водителя, так и создавать аварийные ситуации на дороге. Большинство автомобилей обладает средствами графической индикации состояния основных узлов. Такой способ получения информации отвлекает внимание водителя от дороги.

Данная разработка устраняет недостатки современных систем контроля благодаря организации информирования при помощи речевых сообщений. Основные составные части устройства:

- блок подключения к датчикам автомобиля с системой коммутации входных сигналов (КВС);
- микроконтроллер (МК) с внешним постоянным запоминающим устройством (ПЗУ);
- блок вывода речевой информации (ВРИ).

Система опрашивает датчики и передает информацию в КВС с последующей обработкой ее в МК. ПЗУ хранит исполняемую программу и голосовые сообщения. ВРИ состоит из цифро-аналогового преобразователя, для перевода сигнала из цифровой формы в аналоговую, фильтра Баттерворта для фильтрации нижних частот, усилителя низкой частоты для улучшения выходного сигнала, и динамика.

Данное устройство информирует водителя о состоянии автомобиля, не отвлекая его внимания от дороги. Это существенно повышает безопасность и исключает возникновение поломок из-за недостатка информации о состоянии бортовых узлов автомобиля. Разрабатываемое устройство обладает достаточно высокой степенью информативности и надежности.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рыпун А.Н., студент; Новгородцев А.И., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Математическое описание производственных процессов сложных объектов должно учитывать взаимосвязь технологических факторов, а также случайное воздействие, при которых параметры производственных процессов изменяются не единственным образом.

В связи с этим использование детерминированных моделей, определяющих параметры производства, не позволяет выделить указанные зависимости. Для практической ценности и повышения достоверности получаемых результатов необходимо переходить к вероятностно-статистическим моделям, обеспечивающим определение технологических факторов, оптимизирующих параметры производственных процессов.

Для повышения точности моделирования на стадии будущего прогнозирования предлагается параметры производственных процессов идентифицировать по данным измерений на основе минимизации критерия оценки параметрического состояния.

Предлагаемый метод заключается в том, что для нахождения неизвестных параметров дифференциального уравнения модели производственных процессов как функции времени выполняется минимизация критерия оценки параметрического состояния.

Взяв частную производную от минимизируемого функционала по идентифицируемым параметрам, получим систему алгебраических уравнений. Решение этих уравнений позволяет найти вектор оценки параметрического состояния данного процесса.

Исследования предложенного метода идентификации на основе проведения численных экспериментов показали высокую сходимость алгоритма: ошибка в определении идентифицируемых параметров уменьшилась в 5 раз. Теоретические и экспериментальные исследования подтверждают эффективность алгоритма предложенного метода, а также позволяют использовать данные результаты при решении задач синтеза математического обеспечения в системах автоматизации производственных процессов.

АВТОМАТИЗОВАНА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ОПОРУ

Римар Р.Ю., студент; Щутилева О.В., студентка
Сумський державний університет, м. Суми

Автоматизація фізичних експериментів здійснюється з метою отримання більш надійних і точних результатів, виключення людського фактору для прискорення обробки отриманих даних та їх фіксування. Метою роботи є створення автоматизованої електронної системи для вимірювання опору та температури для дослідження тонких плівок та отримання їх залежності за допомогою побудови графіків.

Програмна реалізація здійснюється в середовищі LabVIEW. Дана мова програмування є графічною і часто використовується для автоматизації обчислювального та вимірювання обладнання лабораторії, що дає можливість покращення обробки результатів. Програма має графічний код і має вигляд блок-діаграми.

Схема розроблена на основі мікроконтролера PIC18F452, який має наступні переваги:

- можливість само програмування;
- широкий діапазон температури і напруги від 2 до 5 В.

Мікроконтролер має вбудований 10-бітний АЦП, але цього не достатньо для отримання належних результатів. Тому для отримання більш точних результатів використовуються регістри зсуву 74НС595. Вони дають можливість переключати і збільшувати діапазон вимірювання. При малих значеннях опору точність вимірювання більша. Управління схемою здійснюється за допомогою блока керування. Для управління нагріваючим елементом використовується галогенова лампа. Результати вимірювань виводяться на монітор комп'ютера.

Головними перевагами схеми є недорога вартість і простота в управлінні і користуванні.

В майбутньому є перспективи розвитку схеми для підвищення швидкодії і зменшення габаритів.

Керівник: Новгородцев А.І., доцент

СИНТЕЗ И ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕШИФРАТОРА С СУММАТОРОМ ЕДИНИЦ

Гутенко Д.В., аспирант

Сумский государственный университет, г. Сумы

На данный момент уже существуют схемы для защиты от ошибок дешифратора с сумматором единиц. Однако такие схемы обнаруживают только часть обнаруживаемых ошибочных комбинаций на выходе дешифратора. Поэтому ставится задача синтеза схемы защиты от ошибок для дешифратора с сумматором единиц с более высокой глубиной контроля. Структура дешифратора остаётся прежней, но к ней добавляется иная схема контроля.

В случае уже известной схемы обнаружения ошибок [1], на выходы дешифраторов равновесных кодов устанавливаются схемы «или», а полученный на их выходах сигнал заводится на соответствующие схемы неравнозначности вместе с соответствующими выходами сумматора.

Для усовершенствованной схемы обнаружения ошибок, сигнал с выхода сумматора инвертируется и вместе с сигналами с выходов равновесного дешифратора подаётся на блоки обнаружения ошибок, каждый из которых выдаёт единичное значение, если на его входах имеется только одна единица. Сигналы с выходов с этих блоков поступают на схему «И». Единица на выходе этого элемента свидетельствует о правильной работе дешифратора с сумматором единиц, в противном случае – об ошибке. Доля обнаруживаемых ошибок для полученного устройства определяется следующей формулой:

$$D = 1 - \left(\sum_{k=0}^{\log_2 N} C_{\log_2 N}^k \cdot (C_{\log_2 N}^k - 1) \right) / N \cdot 2^N,$$

где N – разрядность дешифратора.

Она больше, чем в уже известной схеме обнаружения ошибок [1].

1. Д.В. Гутенко, *Вісник СумДУ* No2, 175 (2009).

СЖАТИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МНОГОЗНАЧНЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ КОДОВ

Борисенко А.А., профессор; Солярова Е.Н., студентка
Сумский государственный университет, г. Сумы

Сегодня в решении практических задач хранения и передачи информации широко используется сжатие. Среди существующих методов сжатия в ряде случаев используют сжатие на основе многозначных биномиальных систем счислений, что позволяет строить соответствующие устройства с повышенной надежностью и быстродействием [1]. Такой алгоритм сжатия использует числовую функцию, приведенную в работе [2]. Функция преобразует биномиальное число в обычный номер, а до этого сочетание преобразуется в многозначное биномиальное число. При этом оно получается из двоичной комбинации, представляющей это сообщение.

Рассмотрим пример сжатия двоичного сообщения 10011 $n = 5$ и $k = 3$. Этому сообщению отвечает сочетание 125, которое строится путем построения последовательности номеров разрядов в двоичных сообщениях, где стоит "1". Сочетание преобразовывается в биномиальное число по алгоритму, представленному в [2]: $\alpha_1 = \beta_1 = 1$; $\alpha_2 = \beta_2 - \beta_1 - 1 = 2 - 1 - 1 = 0$; $\alpha_3 = \beta_3 - \beta_2 - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$.

В результате получается многозначное биномиальное число: 102. Далее это число преобразуем в номер с помощью числовой функции [2]. В данном примере номер двоичного сообщения будет равен 10. Это значит, что двоичное число 10011 соответствует числу 10. Так как в двоичной системе счислений число 10 представляется 4-мя разрядами то, как видим, произошло сжатие на один разряд. С ростом числа разрядов коэффициент сжатия будет увеличиваться.

Основным достоинством приведенного алгоритма является то, что его легко реализуется в виде устройства на цифровых элементах, которое будет обладать повышенной помехоустойчивостью и быстродействием.

1. О.А. Борисенко, В.Б. Чередніченко, *Право і безпека* **3**, 194 (2004).
2. Т.А. Протасова, *Вісник СумДУ* **11**, 51 (2003).

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ТРЁХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЕ С ССD МАТРИЦЕЙ

Лопатченко Б.К., доцент; Сумцов А.С., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

В последние несколько лет набирает популярность стереотелевидение. Оно имеет широкий спектр применения как в развлекательных так научно-исследовательских целях, в особенности там, где есть необходимость в наглядности и выразительности изучаемых объектов или событий. Сегодня, эта тема особенно актуальна, так как рынок электроники, которая использует трёхмерные системы отображения графической информации, набирает большие темпы развития, появляются новые устройства от огромных панелей до миниатюрных мобильных устройств.

В рассматриваемой системе, стереоизображение формируется путём использования двух ПЗС матриц, которые расположены на дистанции 65 мм относительно друг друга. Чтение сигналов происходит поочередно, при частоте порядка 100 Гц, в выходном видеосигнале выводится последовательность четных и нечетных фрагментов каждого кадра стереопары.

Драйверы горизонтального направления для каждой ПЗС-матрицы работают непрерывно. При этом они являются нагрузкой для тимминг-генератора, который выдаёт импульсы чтения для матриц. Следовательно, при подключении по данной схеме, импульсы считывания требуют усиления, которые подводятся через горизонтальные драйверы.

Драйверы вертикальной работы включаются по очереди и с удвоенной частотой ($f = 100$ Гц), что приводит к росту емкости нагрузки тимминг-генератора.

Данный подход позволяет реализовать систему, которая будет иметь более низкий уровень шумов, при этом достаточно высокий коэффициент заполнения пикселей и динамический диапазон, поэтому рассматриваемая технология в телевизионной системе с ССD матрицей позволяет получить изображение более высокого качества, чем альтернативные технологии.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Арбузов В.В., *ст. преп.*; Бережная О.В., *доцент*;
Червякова Л.П. *ассистент*; Смык М.В., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Для повышения эффективности работы автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) субъектов оптового рынка электроэнергии в Украине все более актуальной становится задача разработки единого методического подхода к процедурам обработки измерительной информации об объемах генерации, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Анализ существующих процедур обработки и динамики их изменения демонстрирует высокую степень неудовлетворенности применяемыми подходами и указывает на давно возникшую потребность в разработке нормативного документа регламентирующего основные типовые алгоритмы преобразования данных из необработанной базы данных в скорректированную при выполнении следующих основных процедур, таких как:

- приведение измеренных значений к границе балансовой принадлежности и к требуемой метке времени;

- округление измерительных данных о «вторичной» электроэнергии метрологическими способами (математическое, банковское, договорное округления);

- округление измерительных данных о «первичной» электроэнергии с учетом погрешности измерительных комплексов;

- коррекция результатов измерения путем исключения систематических погрешностей измерительных трансформаторов тока и напряжения, а также оценка погрешности основных и резервных источников измерительной информации и критериев их применения;

Появление такого единого методического подхода ускорит и упростит разработку и модернизацию метрологически значимого программного обеспечения АСКУЭ и позволит сформировать требования к процедуре его сертификации и метрологической аттестации, как при внедрении, так и при сопровождении такого программного обеспечения.

УСТРОЙСТВО СЖАТИЯ РАВНОВЕСНЫХ КОДОВ

Борисенко А.А., профессор; Иванчук А.В., аспирант
Сумский государственный университет, г. Сумы

Равновесные коды широко применяются в задачах передачи информации для повышения помехоустойчивости, однако они имеют большую избыточность. Поэтому возникает задача оптимизации закодированной информации. Решением данной задачи может быть то, что равновесные коды можно использовать и для сжатия. В этом случае возникает необходимость их нумерации. В работе [1] предложены алгоритм и устройство преобразования равновесного кода в двоичный номер.

Поскольку в равновесном коде число единиц и длина кода строго определены, то данные кодовые комбинации можно рассматривать как биномиальные числа. Исходя из этого, суть метода заключается в том, что равновесные кодовые комбинации преобразуются в промежуточные двоичные биномиальные комбинации, с помощью которых определяются их двоичные номера. Вес каждого разряда биномиального числа равен сочетанию $C_{n'}^{k'}$, где $k' = k - q$ – контрольное число данного разряда, а $n' = 1, 2, \dots, n$ – его номер, q – количество старших разрядов, в которых содержатся единицы. После преобразования равновесной кодовой комбинации в биномиальную, проводится вычисление q и k' для каждого разряда полученной биномиальной комбинации. После этого вычисляются сочетания $C_{n'}^{k'}$, но только для тех разрядов, в которых содержатся единицы. Результатом суммирования этих сочетаний является двоичный номер преобразуемой равновесной кодовой комбинации. Таким образом мы получаем аппаратное сжатие информации, а за счёт того что для проведения алгоритма обратного преобразования необходимо знать исходные параметры, информация является защищённой от несанкционированного доступа.

1. А.А. Борисенко, *Биномиальные автоматы* (Сумы: СумГУ: 2005).

ПОРОЖДЕНИЕ ПЕРЕСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ФАКТОРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Борисенко А.А., профессор; Дегтяр С.А., аспирант
Сумский государственный университет, г. Сумы

На практике очень широко используются перестановки для защиты информации, которые могут защищать так же и от ошибок при ее передаче. Для этого нужны специальные кодирующие устройства и преобразователи информации. Для их построения можно использовать факториальную систему счисления [1].

Факториальная система счисления относится к системам со смешанным основанием. Под факториальной системой счисления понимают выражение, которое имеет вид:

$$F_{\langle\phi\rangle} = X_n \cdot n! + X_{n-1} \cdot (n-1)! + \dots + X_l \cdot l! + \dots + X_1 \cdot 1! + X_0 \cdot 0!,$$

где $l = 0, 1, \dots, n$; $0 \leq X_l \leq l$. [1]

Над числами данной системы счисления можно производить математические операции суммирования и вычитания, умножения и деления. В факториальной системе счисления можно определять ошибки, появляющиеся во время передачи информации по каналам связи. Ошибку можно определить по нарушению ограничения значения цифр X_l , где $0 \leq X_l \leq l$.

С помощью факториальных систем счисления можно построить перестановки. Алгоритм преобразования степенных чисел в перестановки будет иметь вид: сначала число, представленное в обычной системе счисления, преобразуется в факториальное число, а дальше, оно используется для построения перестановки.

Пример: Дано факториальное число $F_{\langle\phi\rangle} = 033210$. Нужно найти перестановку.

Используя пошаговый алгоритм перестановки будем получать такие промежуточные данные $033210 \rightarrow 043210 \rightarrow 044210 \rightarrow 045210 \rightarrow 045310 \rightarrow 045320 \rightarrow 045321$

Перестановка числа $F_{\langle\phi\rangle} = 033210$ будет $B_{\langle\text{пер}\rangle} = 045321$.

1. А.А. Борисенко, И.А. Кулик, А.Е. Горячев, *Вестник СумГУ. Техн. науки* No1, 183 (2007).

НОРМАЛИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ РАЗПОЗНАВАНИЯ

Лопатченко Б.К., доцент; Сай А.Н., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Сейчас, во время широкого распространения систем автоматического управления, роль человека в контроле процессами остается актуальной. Так как человек получает наибольшее количество информации через зрение, то и оператор, который осуществляет автоматизированное управление, основную информацию получает через системы отображения зрительной информации.

Информационная связь оператора с процессом осуществляется через систему отображения информации (приборные доски, табло и сигнализаторы) или воспринимается непосредственно зрительными, слуховыми, акселерационными и другими рецепторами. На основе полученной информации оператор формирует в своем сознании представление о состоянии системы и о мерах, которые необходимо предпринять для получения требуемого состояния.

Поставленной задачей является разработка системы отображения зрительной информации с нормализацией яркостных и яркостно-аффинных преобразований для облегчения распознавания объектов оператором. Система позволяет выполнять работу в автоматическом режиме при небольших параметрах преобразования картин, облегчая работу оператора. В случае больших величин преобразования оператор включается в управление системой непосредственно. Разрабатываемое устройство должно выполнять следующие функции:

- получение изображения от какого-либо устройства;
- определение параметров преобразования зрительных картин которые будут воздействовать на видеосигнал;
- выполнение необходимых преобразований полученного сигнала до уровня, при котором информация о ней будет восприниматься оператором с заданной достоверностью;
- преобразование полученного видеосигнала для передачи его на устройство отображения информации (монитор, телевизор).

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2012

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 16-21 квітня 2012 року)

Відповідальний за випуск
декан ф-ту ЕЛІТ доцент **С.І. Проценко**

Комп'ютерне верстання доцента **Т.В. Лютого**
Дизайн обкладинки доцента **Т.В. Лютого**

Відповідальний редактор доцент **Т.В. Лютий**

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк. 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.

