

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра електроніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

_____ Височанський В.С.

“__20__” _____08_____2011 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СЕНСОРНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

напрямок підготовки **0908** Електроніка
спеціальність **8.090804** Фізична та біомедична електроніка
факультету електроніки

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Львів – 2011

Актуальні питання сенсорної електроніки. Робоча програма навчальної дисципліни для студентів галузі знань **0908** Електроніка спеціальності **8.090804** Фізична і біомедична електроніка факультету електроніки. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. — 10 с.

Розробник:

Павлик Б.В., докт. фіз.-мат. наук, професор кафедри електроніки

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електроніки

Протокол № 16 від 6 червня 2011 р.

Завідувач кафедри електроніки

_____ (проф. Павлик Б.В.)

“ _____ ” _____ 2011 р.

Схвалено методичною комісією за напрямом підготовки **8.050802 Мікро- та наноелектроніка**

Протокол № 10 від 29 червня 2011 р.

“ _____ ” _____ 2011 р. Голова _____ (Шувар Р.Я.)

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Курс “Актуальні питання сенсорної електроніки” відноситься до циклу дисциплін вільного вибору студента.

Мета: розглянути актуальні проблеми технології напівпровідників, пріоритетні напрямки розвитку сенсорної електроніки, наноелектроніки, та особливості технології формування нанорозмірних структур, які інтенсивно розробляються і вже отримали практичне використання в сенсорній електроніці, медицині та різних галузях науки і техніки.

Завдання: Курс “Актуальні питання сенсорної електроніки” повинен ознайомити студентів з особливостями фізичних властивостей у напівпровідниках, нанооб’єктах та допомогти їм опанувати фізичну суть явищ, покладених в основу розвитку сенсорної електроніки.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен:

знати фізичні основи сенсорної електроніки, основні методи одержання наноматеріалів та принципи відбору матеріалів для пристроїв сенсорної електронної техніки; можливості покращення властивостей напівпровідникових матеріалів;

вміти: характеризувати основні властивості пристроїв сенсорної електроніки, класифікувати методи отримання наноструктур, обґрунтувати області застосування нанорозмірних об’єктів.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких предметів: “Математичний аналіз”, “Загальна фізика”, “Фізика твердого тіла” та “Теоретична фізика”.

Форма навчання	Семестр	Всього кредитів/годин	Розподіл навчального часу за видами занять ¹					Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	СРС	
Денна	9	/252	54	-	-	54	144	іспит

II. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Розділ 1. Основи зонної теорії та статистика носіїв заряду в напівпровідниках

Тема 1.1. Кристалічна структура напівпровідників. Кристалічна структура та аморфний стан твердих тіл. Періодичні атомні ряди. Основні типи кристалічних ґраток. Орієнтація площин в кристалах. Прості кристалічні структури. Міжатомні взаємодії та зв'язки в кристалах.

Тема 1.2. Основи зонної теорії.

Основи зонної теорії. Рівняння Шредінгера. Рух електронів в кристалі під дією зовнішнього електричного поля. Ефективна маса носіїв заряду.

Тема 1.3. Електропровідність твердих тіл.

Електропровідність металів. Моделі вільного електронного газу. Енергія Фермі. Функція розподілу Фермі-Дірака.

Тема 1.4. Теплоємність металів. Електронна теплоємність металів. Співвідношення теплопровідності і питомої електропровідності. Плазмони.

Тема 1.5. Дефекти в кристалах. Напівпровідникові та діелектричні кристали. Дефекти в кристалах.

Тема 1.6. Матеріали на базі фулеренів і нанотрубок.

Власна провідність напівпровідників. Заборонена зона. Закон діючих мас. Концентрація власних носіїв заряду. Нерівноважні носії заряду. Домішкова провідність. Теплова іонізація домішкових атомів.

Тема 1.7. Рухливість носіїв заряду.

Механізми розсіювання носіїв заряду. Енергетичні зони германію і кремнію. Аморфні напівпровідники.

Тема 1.8. Статистика носіїв заряду в напівпровідниках.

Рівняння неперервності. Взаємна компенсація донорів та акцепторів.

Тема 1.9. Електрофізичні властивості поверхневої області напівпровідників.

Природа електронних поверхневих станів. Контактні ефекти в приповерхневій області кристалу і тонких плівок.

Розділ 2. Фізичні основи контакту метал- напівпровідник

Тема 2.1. Класифікація методів та загальна характеристика технології отримання наночастинок.

Нерівноважні процеси в приповерхневій області: рекомбінація і захоплення носіїв заряду на поверхні; фотоелектричні явища в приповерхневих шарах. Оптичні властивості напівпровідників. Акустичні явища. Ефект Ганна.

Тема 2.2. Напівпровідникові діоди та транзистори.

Вольтамперні та вольтфарадні характеристики.

Тема 2.3. Методи формування наноструктур.

Стационарні явища в р-п переходах. Ширина р-п переходу. Бар'єрна ємність р-п переходу.

Тема 2.4. Напівпровідникові діоди та транзистори.

Тема 2.5. Електричні властивості діелектриків. Основні види поляризації.

Тема 2.6. Фізична природа піроелектричного ефекту.

Тема 2.7. Електричні властивості сегнетоелектриків. Природа фазових переходів в сегнетоелектриках..

Тема 2.8. П'єзоелектричний ефект та електрострикція. Діелектрична проникливість та діелектрична релаксація.

Тема 2.9. Магнітні властивості твердих тіл.

Розділ 3. Наноматеріали. Електронні властивості нанорозмірних систем та основні пристрої наноелектроніки

Тема 3.1. Елементна база наноелектроніки. Особливості фізичних властивостей наноб'єктів. Визначення поняття "наноматеріали", Критерії визначення наноматеріалів, критичний розмір і функціональні властивості. Розмірний ефект. 0D, 1D, 2D, 3D-структури. Нанокристали і нанокластери. Густина станів у 0D, 1D та 2D наноб'єктах. Одноелектронне тунелювання в системі квантових точок.

Тема 3.2. Квантово-механічні основи електронних властивостей нанорозмірних систем. Частинка у потенціальній ямі. Квантування енергетичного спектра носіїв заряду у тонкому шарі. Гетеро структури. МДН- структури. Умови реалізації квантового розмірного ефекту.

Тема 3.3. Матеріали на базі фулеренів і нанотрубок.

Нові вуглецеві наноструктури. Нанотрубки та нанонитки. Фулерени та нанотрубки. Механізми росту нанотрубок. Електрофізичні властивості вуглецевих нанотрубок. Нанонитки на основі металів і сплавів. Способи з'єднання нанониток в більш складні структури. Графен та його властивості та використання.

Тема 3.4. Класифікація методів та загальна характеристика технології отримання наночастинок.

Класифікація методів отримання нанорозмірних частинок.. Історія розвитку методів синтезу нанокристалічних матеріалів. Отримання напівпровідникових наночастинок у колоїдних розчинах. Диспергування макроскопічних частинок у розчинах.

Тема 3.5. Методи отримання тонких плівок.

Фізичні методи отримання наночастинок. Молекулярно-променева епітаксія. Отримання легованих шарів, надграток. Виготовлення періодичних напівпровідникових структур з керованою концентрацією носіїв. Метод газофазної епітаксії з металоорганічних сполук. Отримання модульованих структур, гетероструктур з квантовими ямами.

Тема 3.6. Методи формування наноструктур.

Основні методи створення наноструктур. Мікролітографія. Позитивні та негативні резистин. Оптична літографія. Електронна літографія. Розсіяння електронів при експонуванні резистів. Рентгенівська літографія. Рентгенолітографічні системи переносу зображення, рентгенівські резисти, їх роздільна здатність.

Тема 3.7. Технологічні процеси формування нанорозмірних структур.

Механізми дифузії. Іонна імплантація. Метод локального зондового окислення. Технологічна схема формування «схованих масок». Плазмо-хімічне травлення. Плівки Ленгмюра-Блоджет. Технологічні процеси формування нанорозмірних структур.

Тема 3.8. Методи дослідження нанооб'єктів.

Рентгеноструктурний аналіз. Спектральні методи. Методи атомно-силової та скануючої тунельної мікроскопії. Формування наноструктур з допомогою скануючої тунельної мікроскопії та атомно-силової мікроскопії. Електронна мікроскопія високог розділення. ПЧ- та раманівська спектроскопія.

Тема 3.9. Використання наноматеріалів.

Наносенсори хімічних речовин. Паристрої на квантових крапках – лазери, світлодіоди. Резонансний тунельний діод. Кулонівська блокада. Одноелектронний транзистор. Наноманіпулятори. Лазери на квантових точках. Молекулярні перемикачі і нанокомп'ютери. Органомолекулярна наноелектроніка. Електронні механічні системи. (MEMS). Наномедицина.

IV. Темі лабораторних занять

1. Моделювання процесів тунелювання електронів
2. Розрахунок енергетичних спектрів квантових ям.
3. Отримання плівкових структур при магнетронному розпиленні.
4. Моделювання технологічних процесів при легуванні напівпровідників дифузією.
5. Моделювання технологічних процесів при легуванні напівпровідників іонним легуванням.
6. Атомно силова мікроскопія. Аналіз мікрофотографій за допомогою пакету комп'ютерних програм.
7. Рентгеноструктурний аналіз. Оцінка розміру зерна з дифрактограм.
8. Підсумкове заняття

V. Самостійна робота

1. Підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів.
2. Підготовка до складання проміжної звітності (модульних контрольних робіт) і підсумкової звітності по курсу.
3. Опрацювання теоретичних основ лекційного матеріалу.
4. Робота над рефератом.
5. Методи конденсації з газової фази – CVD, плазмова дуга, контрольоване горіння.
6. Іонно-променева літографія. Основні фізичні процеси, джерела, проєкційні іонно-променеві системи.
7. Процеси обробки експонованих плівок резистів. Анізотропне селективне травлення. Фототравлення під дією УФ-випромінювання.
8. Нелітографічні методи формування поверхневих наноструктур. Отримання наноструктурованих плівок н/п.
9. Пористий кремній, GaP, GaAs, InP.

Для засвоєння теоретичного матеріалу, підготовки і виконання практичних та лабораторних завдань студентам надається можливість користуватися бібліотеками Львівського

національного університету імені Івана Франка, студентам старших курсів (починаючи з третього) – бібліотекою НАНУ імені Стефаніка. Студенти мають змогу отримати консультації з питань дисципліни в лектора тавикладачів, які проводять лабораторні та практичні заняття.

VI. Контрольні роботи

При вивченні дисципліни “Актуальні питання сенсорної електроніки” для поточного контролю знань студентів передбачається виконання двох модульних контрольних робіт.

13. Рекомендована література Базова

1. А.О.Дружинін. Твердотільна електроніка. Л., 2001.
2. И.М.Викулин, В.И.Стафеев. Электроника. М., 1975.
3. Г.Бол еста. Фізика твердого тіла. Л., 2003 р.
4. А.А.Харламов. Специальный физический практикум. М., 1977.
5. Ю.Височанський, А.Горват, О.Грабар та ін. Твердотільна електроніка. Ужгород., 2001.
6. И.Е.Ефимов, И.Я.Козырь. Основы микроэлектроники. "Высшая школа", 1975.
7. В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников. Физика полупроводников. М., "Наука", 1990.
8. В.И.Стриха. Контактные явления в полупроводниках. К., "Высшая школа", 1982.
9. Савчин В.П., Шувар Р.Я. Електронне перенесення в напівпровідниках та напівпровідникових структурах. 2008, укр., Видавн.центр ЛНУ ім.Івана Франка, -688с.
10. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф, С.А. Рыков ; Под общ. ред. Ильина В.И. Физика низкоразмерных систем. 2001, рос., СПб. : Наука, -156с.
11. Нанотехнологии в элктронике. Под редакцией Ю.А. Чаплыгина.-М.-Техносфера, 2005.-447с.

Допоміжна

1. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. // Успехи Химии. 2001. Т.70. №.3. С.203-240.
2. Bhushan V. Handbook of Nanotechnology 2004, Berlin-Heidelberg:Springer, 1347 p.
3. Иванов Ю.А., Малышев К.В., Федоркова Н.В. Нанoeлектроника на базе многослойных гетероструктур. // Изв. Вузов. Машиностроение.-2003.-№5.-с.73.

14. Інформаційні ресурси

<http://electronics.wups.lviv.ua/archiv>
<http://www.nanoscopy.org/Tutorial.html>