



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Сучасні методи виготовлення приладових наноструктур

Шифр та назва спеціальності

176 «Мікро- та наносистемна техніка»

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Мікроелектроніка енергоефективності та електронний захист

Кафедра

Мікро та наноелектроніки (167)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова), Вибіркова

Семестр

2

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Кіріченко Михайло Валерійович

Mykhailo.Kirichenko@khi.edu.ua

Кандидат технічних наук, старший дослідник, доцент кафедри мікро- та наноелектроніки НТУ «ХПІ».

Стаж роботи 16 років. Автор понад 200 наукових і навчально-методичних праць. Провідний викладач дисциплін: «Кристалічні сонячні елементи», «Комбіновані фотоенергетичні установки», «Вакуумна техніка», «Основи електронного захисту» та ін.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

При викладанні навчальної дисципліни «Сучасні методи виготовлення приладових наноструктур» розглядаються принципи роботи приладів мікро- та наноелектроніки, їхні різновиди та технології отримання та методи дослідження низькорозмірних об'єктів.

Мета та цілі дисципліни

Професійна підготовка з вивчення принципів роботи сучасних наноприладів, фізичних і математичних моделей, що дозволяють описувати наявні і прогнозувати можливі фізичні явища в наноелектроніці. знань і практичних навиків в області технології виробів мікро- і наноелектроніки, розширення науково-технічного світогляду студентів.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота, розрахункова робота, консультації, залік.

Компетентності

ФКЗ. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення.

ФК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і наноелектронних приладах та системах.

ФК8. Здатність розробляти та застосовувати технологічні рішення виробництва приладів сонячної енергетики.

ФК10. Здатність розробляти та застосовувати технологічні рішення виробництва елементів захисту електронного обладнання.

Результати навчання

ПРН2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

ПРН3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.

ПРН7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

ПРН16. Проектувати, виготовляти, досліджувати параметри та експлуатувати пристрої сонячної енергетики у відповідності до вимог замовника.

ПРН17. Розробляти та досліджувати параметри елементів захисту електронного обладнання у відповідності до вимог замовника.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 48 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні роботи - 16 год., самостійна робота – 100 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Компетентності, якими має володіти студент (дисципліни): вища математика, загальна фізика, обчислювальна техніка, вступ до спеціальності, фізика напівпровідників, українська мова, іноземна мова.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Теоретичний аналіз наукових джерел, створення власного технічного проекту, робота в малих групах, практичні справи.

Дисципліна побудована на розгляді практичних рішень та проектів для промислових об'єктів України з урахуванням розгляду світових досягнень і рішень у сфері відновлюваної енергетики.

В рамках самостійної роботи студентам пропонується розрахункова робота, яка дозволить сформувати індивідуальні навички проектування завершених рішень для подальшої професійної діяльності. Активні методи навчання: дискусія, метод конкретних практичних ситуацій, використання наукового устаткування кафедри.

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій.

Під час виконання лабораторних робіт використовується проектний підхід до навчання, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій та прикладного комп'ютерного програмування під час розрахунків і аналізу параметрів роботи напівпровідникових приладів. Навчальні матеріали доступні студентам на платформі Office Microsoft 365..

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ. Основи етапи технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро- та наноелектроніки

Тема 2. Структура технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро- та наноелектроніки. Основи технологічної підготовки виробництва. Структура технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки. Класифікація технологічних процесів. Інтеграція технологічних процесів в технологічні маршрути. (4 год.)

Тема 2. Технологія вирощування моно та полікристалів.

Технологія напівпровідникових монокристалів. Технологія напівпровідникових монокристалів. Метод Чохральського. Метод зонного плавлення. (4 год.)

Тема 3. Формування функціональних шарів епітаксійними методами. Основні уявлення про процес фотолітографії.

Методи епітаксійного осадження. Молекулярно-променева епітаксія. Газофазна епітаксія з металоорганічних сполук. Рідиннофазна епітаксія. Літографічні процеси. Шаблони і резисти. (4 год.)

Тема 4. Польові транзистори

Явище внутрішнього фотоефекту. Генерація та рекомбінація носіїв заряду. Збирання фотогенерованих носіїв заряду. (4 год.)

Тема 5. Нанотранзистори та тунельні прилади

Особливості базових кристалів і гомопереходів в залежності від призначення фотоперетворювачів. Контактна металізація їх фронтальної і тилової поверхонь. Просвітлення не затінених металізацією ділянок фронтальної поверхні. (4 год.)

Тема 6. Одноелектронні прилади.

Вихідні параметри та їх залежність від фотоструму і діодних параметрів фото-електричного перетворювача. Еквівалентна електрична схема. Світлова вольт-амперна характеристика та техніка її аналітичного опрацювання для визначення фотоструму, вихідних і діодних параметрів фотоелектричного перетворювача. (4 год.)

Тема 7. Прилади спітроніки.

Залежність густини фотоструму від коефіцієнту оптичного відбиття фото-приймальної поверхні базового кристалу фотоелектричного перетворювача. Залежність густини фотоструму від коефіцієнту і довжини поглинання світла у базовому кристалі фотоелектричного перетворювача (4 год.)

Тема 8. Молетроніка.

Вплив параметрів нерівноважних неосновних носіїв заряду на коефіцієнт їх збирання випрямляючим переходом і на густину фотоструму фотоелектричного перетворювача. Вплив параметрів нерівноважних неосновних носіїв заряду на коефіцієнт їх збирання випрямляючим переходом і на густину фотоструму фотоелектричного перетворювача. (4 год.)

Тема 9. Прилади нанофотоніки

Приклади залежностей коефіцієнту збирання неосновних носіїв заряду, фотоструму, діодного струму насичення і вихідних параметрів серійних монокристалічних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів від параметрів неосновних носіїв заряду в їх базових кристалах. (4 год.)

Тема 10. Наноплазмонні ефекти та їх використання.

Основні матеріали, що використовуються при виробництві сучасних комбінованих систем. Технологічні основи створення. Принципи ефективного використання. Розрахунок ефективності комбінованої системи в залежності від конструкції та зовнішніх умов використання. (4 год.)

Тема 11. Мемристори

Втрати енергії сонячного випромінювання при його взаємодії з монокристалічним кремнієвим фотоелектричним перетворювачем, обумовлені природою базового кристала і конструкцією фотоелектричного перетворювача. Втрати енергії сонячного випромінювання при його взаємодії з монокристалічним кремнієвим фотоелектричним перетворювачем, обумовлені деградацією приладу під впливом високоенергетичних часток і фотонів.

(4 год.)

Тема 12. Фізичні засади до створення квантового комп'ютера.

Оптимізація геометрії фронтального гребінчастого електроду та удосконалення просвітлюючого покриття фотоелектричного перетворювача. Текстурування і пасивація фотоприймальної поверхні базового кристалу. Способи підвищення структурної досконалості анізотипного гомопереходу. (4 год.)

Теми практичних занять

Тема 1. Вимоги до технологічних матеріалів та основні методи контролю. Класи чистоти та категорії мікроклімату. Чисті кімнати та способи їх організації. Організації виробництва інтегральних схем. Основні принципи планарної технології. Типові схеми технологічних маршрутів формування напівпровідникових інтегральних схем. Особливості вибору режимів і матеріалів. Плівкові інтегральні схеми. Дискретні елементи. Мікрозбірки. Електронні вироби на друкованих платах. Електромагнітна сумісність.

Тема 2. Підготовки та оброблення матеріалів. Основні матеріали мікроелектронної технології. Вимоги до якості оброблення поверхні. Механічне та хімічне оброблення матеріалів. Класифікація методів очищення поверхні матеріалів. Основи процесів очищення поверхні підкладок, матеріалів.

Тема 3. Вакуумні методи осадження мікро- і наноструктур. Складання, монтаж та герметизація виробів мікро та наносистемної техніки. Контроль та випробовування елементів

Тема 4. Етапи розроблення виробів та технологій. Дослідження, моделювання та проектування технологічних процесів. Особливості конструювання сучасних друкованих плат. Засоби автоматизованого проектування. Матеріали і методи виготовлення друкованих плат.

Теми лабораторних робіт

ЛР 1. Механічна та хімічна підготовка підкладок для формування функціональних шарів приладів мікро- та наноелектроніки.

ЛР 2. Формування випрямного та омичного контактів в структурах метал-напівпровідник вакуумними методами.

ЛР 3. Дослідження електричних параметрів випрямного та омичного контактів в малорозмірних структурах метал-напівпровідник.

ЛР 4. Дослідження оптичних та механічних властивостей малорозмірних та нанорозмірних матеріалів і сполук.

Самостійна робота

Самостійна робота студента виконується у вигляді розрахункової роботи (на вибір):

РР 1: Аналіз конструктивних рішень сучасних мініатюрних польових транзисторів та можливостей їх подальшого масштабування в сторону зменшення розміру.

РР 2: Аналіз потенційних напрямів розвитку елементної бази електроніки на основі наноелектронних приладів.

РР 3: Розгляд можливостей створення пристроїв пам'яті з використанням нанотехнологій.

РР 4: Нові рішення в обчислювальній техніці - квантові комп'ютери.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Елементи фізики поверхні, наноструктур і технологій: Навч. Посібник. / В.В.Погосов, Ю.А. Куницький, А.В.Бабіч, А.В.Коротун. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. – 365 с.

2. Semiconductor Device Physics: Basic Principles, 4th ed. / D. Neamen. - McGraw- Hill, New York, NY, USA, 2012.

3. Нанотехнології і наноструктури: Навч. Посібник. / Д. М. Заячук. - Львів: Львівська політехніка, 2009. – 580 с.

4. Квантово-розмірні ефекти у твердотілих надвисокочастотних приладах: Навч. Посібник. / Е. Д. Прохоров. - Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2005. – 208 с.

5. Основи наноелектроніки: у 2 кн. Кн.2 «Матеріали і наноелектронні технології: Підручник / Ю.І. Якименко, Д.М. Заячук, В. М.Співак, А.Т. Орлов, О. В. Богдан, В.М. Коваль. – сайт <http://www.fel.ntukpi.kiev.ua>. – К: НТУУ «КПІ», 2016. - 400 с.

6. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. Посіб. / Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с..

Додаткова література:

1. Квантова механіка / Вакарчук І.О.-Львів. Львівський національний університет ім.. Івана Франка, 2004 р.

2. Нанорозмірні структури і надгратки / Д.М.Заячук. -Львів. В-во Національного університету»Львівська політехніка»,2006р.

3. Нанотехнології і наноструктури / Заячук Д.М. – Львів В-во Національного університету «Львівська політехніка» 2009 р

4. Фізичні основи нанотехнологій. Курс лекцій. / Яблонь Л.С., Бойчук В.М. – Івано-Франківськ, 2015. – 103 с.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Підсумкова оцінка складається із наступних обов'язкових частин:

1. Звіти за результатами розрахунків практичних занять 1-4 - 10 балів кожний (30%).
2. Звіти за результатами лабораторних робіт 1-4 - 10 балів кожний (30%).
3. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 20 балів (20%).
4. Залік - 20 балів (20%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

24.06.2024

Завідувач кафедри
Роман ЗАЙЦЕВ

24.06.2024

Гарант ОП
Роман ЗАЙЦЕВ