



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Вироби мікро-та наноелектроніки

Шифр та назва спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
176 «Мікро- та наносистемна техніка»

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Стала та відновлювана енергетика: електрична та мікроелектронна інженерія

Кафедра

Мікро та наноелектроніки (167)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Вибіркова, Фокусна підготовка

Семестр

3

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Кіріченко Михайло Валерійович

Mykhailo.Kirichenko@khpі.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 «Вироби мікро- та наноелектроніки» 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, консультації. Підсумковий контроль –екзамен.

Компетентності

СК1. Здатність обґрунтовано обирати, застосовувати наявні та розробляти нові методи, методики, технології для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК3. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові й технічні методи для вирішення науково-технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки, оцінювати отримані результати.

СК5. Здатність планувати, виконувати й керувати теоретичними та експериментальними науковими дослідженнями у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

Результати навчання

РН1. Формулювати й розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.

РН7. Будувати й досліджувати фізичні, математичні й комп'ютерні моделі об'єктів та процесів електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки.

РНс2.1. Обирати і застосовувати відповідні методи проектування і дослідження роботи мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації енергії.

РНс2.3. Визначати напрямки модернізації технологічних аспектів виробництва пристроїв мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації, зокрема фотоелектричних.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 56 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Попередні дисципліни:

- Фізичні основи технології для мікро- та наноелектроніки
- Фізичне матеріалознавство напівпровідникових приладів
- Фізика твердого тіла

Знання з вищої математики, загальної фізики, обчислювальної техніки.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

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

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 розрахунково-графічна робота, яка дозволить сформулювати індивідуальні навички проектування завершених рішень для подальшої професійної діяльності.

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.

Тема 4. Польові транзистори

Явище внутрішнього фотоефекту. Генерація та рекомбінація носіїв заряду. Збирання фотогенерованих носіїв заряду.

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.

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.

Тема 7. Прилади спінтроніки.

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

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.

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.

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.

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.

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.

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. Підготовка 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

Індивідуальне завдання - розрахункове завдання.

Тема завдання на вибір:

P1: Аналіз конструктивних рішень сучасних мініатюрних польових транзисторів та можливостей їх подальшого масштабування в сторону зменшення розміру.

P2: Аналіз потенційних напрямів розвитку елементної бази електроніки на основі наноелектронних приладів.

P3: Розгляд можливостей створення пристроїв пам'яті з використанням нанотехнологій.

P4: 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 / ЗаячукД.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 (40%).
2. Звіти за результатами лабораторних робіт 1-4 - 10 балів кожний (40%).
2. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 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

28.08.23



Завідувач кафедри
Роман ЗАЙЦЕВ

28.08.23



Гарант ОП
Костянтин МАХОТІЛО