



НАНОСТРУКТУРИ В ОПТОЕЛЕКТРОНІЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Мікро- та наноелектроніка
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредитів (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	
Мова викладання	Українська/Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.ф-м.н. Свечніков Г.С. svgeorge13@gmail.com
Розміщення курсу	Код курсу https://classroom.google.com/c/NTExODkxMTM5OTIx?cjc=2ehhuir Код курсу 2ehhuir

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Ласкаво просимо до оптоелектроніки, альянсу оптики та електроніки та однієї з найбільш захоплюючих та динамічних галузей інформаційної епохи. Як стратегічно сприяюча технологія, застосування оптоелектроніки поширюється на наше повсякденне життя, включаючи галузі обчислювальної техніки, комунікацій, розваг, освіти, електронної комерції, охорони здоров'я та транспорту. Засоби оборони включають військові функції управління, управління зображеннями, радіолокацію, авіаційні датчики та оптично керовану зброю.

Оптоелектроніка потужна, оскільки дозволяє ефективно працювати багатьом іншим технічним системам. Вона включає будь-яку комбінацію світла або зображень, яка працює з електронікою, і може бути настільки простою, як червоний світлодіод, який показує, що телевизор увімкнено, або настільки складною, як телескоп Хаббла в космосі

Оптоелектроніка - це вивчення та застосування електронних пристроїв та систем, як джерела та детектори світла, системи керування світлом, як правило, вважаються підполем фотоніки. У цьому контексті світло часто включає невидимі форми випромінювання, такі як гамма-промені, рентгенівські промені, ультрафіолет та інфрачервоне світло, крім видимого світла. Оптоелектронні пристрої - це електрично-оптичні або оптико-електричні перетворювачі або інструменти, які використовують такі пристрої у своїй роботі.

Нанотехнологія за останні десятиліття стала однією з найбільш важливих і перспективних галузей знань. Оцінки експертів показують, що наука про нанотехнології вплине і перебудує всі галузі промислового виробництва, приведе до нової науково-технічної революції, що у свою чергу вплине на розвиток соціальної структури суспільства.

Використання структури отриманих методів нанотехнологій дозволяє отримати елементи та схеми оптоелектроніки з унікальними не досягнутими в класичній оптоелектроніці властивостями та характеристиками

Знання, набуті в результаті вивчення даного курсу, використовуються при підготовці дипломних проектів та робіт.

Мета: набути знання про елементи і прилади оптоелектроніки на базі наноструктур, принципів їх побудови, механізмів струмоперенесення, теоретичних і технологічних границь зменшення розмірів, основ проектування елементів наноелектроніки.

Студент, що вивчив курс повинен

знати:

- апарат понять (термінологію) дисципліни;
- основні типи приладів оптоелектроніки на базі наноструктур, принципи їх дії, характеристики і параметри; Залежності характеристик і параметрів від умов експлуатації, області застосування;
- основи аналізу і розрахунку приладів оптоелектроніки на базі наноструктур
- основні технічні та технологічні рішення в області оптоелектроніки наноструктур

вміти:

- використовувати елементну базу оптоелектроніки для побудови приладів і пристроїв оптоелектроніки на базі наноструктур
- експериментально визначати основні характеристики і параметри широко використовуваних приладів і пристроїв оптоелектроніки на базі наноструктур
- працювати з технічною літературою, і технічною документацією
- вирішувати завдання, пов'язані з явищами оптоелектроніки на базі наноструктур, і застосовувати принципи їх рішення для опису практично важливих ситуацій;

володіти:

- методами постановки задачі і методикою проведення експерименту з використанням елементів оптоелектроніки на базі наноструктур;
- прийомами і алгоритмами вирішення завдань оптоелектроніки на базі наноструктур;
- методами дослідницької роботи в області оптоелектроніки на базі наноструктур.

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна " Наноструктури в оптоелектроніці" забезпечується курсами базової вищої освіти напрямку: , "Напівпровідникова електроніка". "Фізика напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем",.

При вивченні дисципліни використовується апарат математичної фізики, теорії ймовірностей та математичної статистики.

Зміст навчальної дисципліни

Вступ до курсу

Тема 1. Фізичні явища у напівпровідниках у наномасштабі

Тема 2. Матеріали нанооптоелектроніки

Тема 3. Інструменти для вимірювання параметрів наноструктур

Тема 4. Оптика процесів у квантових гетероструктурах .

Тема 5. Джерела світла і фотоприймачі на основі наноструктур

2. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Наноелектроніка. За ред. З. Ю. Готри.* – Львів : Ліга-прес, 2009. – 342 с.
2. *Основи наноелектроніки : Навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук.* – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 199 с.
3. *Наноэлектроника / Ю. И. Якименко, А. Н. Шмырева, Г. М. Младенов, В. М. Спивак, Е. Г. Колева, А. В. Богдан.* – Киев ; София : Аверс 2011. – Кн. 2 : *Наноструктурированные материалы и функциональные устройства.* – 388 с

Додаткові матеріали та ресурси:

1. *Handbook of Optoelectronics Applications of Optoelectronics Volume 3 Second Edition Edited by John P. Dakin and Robert G. W. Brown Pages465*
2. *Bhattacharya Pallab Semiconductor Optoelectronic Devices | Second Edition Pearson Education; 2017, 664 pages*
3. *Nanophotonics Henri Benisty, Jean-Jacques Greffet, Philippe Lalanne Oxford University Press, 2022 - 672 pages*

Навчальний контент

3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття:

Лекція №1

ВСТУП ДО КУРСУ

Тема 1. Оптоелектроніка- провідні напрямки на сьогоднішній день

Тема 2. Нові матеріали

ФІЗИЧНІ ЯВИЩА У НАПІВПРОВІДНИКАХ У НАНОМАСШТАБІ

Лекція №2

Тема 3. Двовимірні напівпровідникові наноструктури.

Тема 4. Рух електронів у потенціальній ямі скінченної глибини.

Лекція №3

Тема 5. Рух електронів в параболічній і трикутній квантових ямах

Лекція №4

Тема 6. Поняття про квантові проводи..

Лекція №5

Тема 6. Поняття про квантові точки.

Лекція №6

Тема 7. Напружені шари в наноструктурах

Лекція №7

Тема 8. Вплив напруг на валентну зону .

Лекція №8

Тема 9. Екситонні ефекти у квантових ямах наноструктур

ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРОЦЕСИ У КВАНТОВИХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Лекція №9

Тема 10. Оптичні властивості квантових ям і надграток.

Лекція №10

Тема 11. Оптичні характеристики квантових точок і нанокристалів .

Лекція №11

Тема 12. Електрооптичні ефекти у квантових ямах

Лекція №12

Тема 13. Електрооптичні ефекти у надгратках

ДЖЕРЕЛА СВІТЛА І ФОТОПРИЙМАЧІ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР

Лекція №13

Тема 14. Джерела світла на основі квантових гетероструктур

Лекція №14

Тема 15. Джерела світла на основі напівпровідникових квантових ям

Лекція №15

Тема 16. Джерела світла на основі поверхневих лазерів з вертикальним резонатором

Лекція №16

Тема 17. Джерела світла на напружених структурах

Лекція №17

Тема 18. Джерела світла на квантових точках

Лекція №18

Тема 19. Фотоприймальні пристрої на основі квантових ям

Лекція №19

Тема 20. Пристрої модуляції на основі квантових ям

ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАНОСТРУКТУР

Лекція №20

Тема 21. Методи дослідження наноструктур

Лекція №21

Тема 22. Атомно-силовий мікроскоп

МАТЕРІАЛИ НАНОПТОЕЛЕКТРОНІКИ

Лекція №22

Тема 23. Фулерени. Вуглецеві нанотрубки

Лекція №23

Тема 24. Нанорозмірні гетероструктури. Графен

4. Самостійна робота студента/аспіранта

Для стимуляції самостійної роботи студентів, заохочення їх до самовдосконалення та знайомства з новітніми інформаційними технологіями в кредитному модулі передбачено в якості індивідуального завдання на самостійну роботу додатково винесено вивчення наступного теоретичного матеріалу:

Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання Кількість годин СРС

- 1 Методи прийому оптичного випромінювання. Пряме детектування, гетеродинний прийом 10 годин
- 2 Фотонні кристали 18
- 3 Каскадні сонячні елементи 20 годин
- 4 МПЕ як метод вирощування нано структур 15 годин
5. Детектори на основі. 15 годин

Контроль якості засвоєння програми дисципліни передбачається за допомогою усного індивідуального та фронтального опитування студентів по тематиці змістових модулів. До курсу введені модульні тематичні опитування під час захисту докладів практичних занять.

Самостійна робота студентів в межах лабораторних занять – підготовка протоколу лабораторної роботи, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими під час виконання роботи, а також підготовка до захисту теоретичної частини лабораторної роботи.

Політика та контроль

5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування всіх видів занять є обов'язковим.

Виконання всіх завдань є обов'язковою умовою допуску до заліку.

Практичний проект повинен бути захищен. На захист повинна бути пред'явлена виконана робота в електронному та друкованому варіантах. Друкований варіант повинен бути оформлений згідно вимог університету і повинен містити титульний аркуш. Процедура захисту складається з відповідей на запитання викладача та студентів за темою роботи. За неправильні відповіді або неправильне оформлення роботи оцінка знижується згідно вимог РСО. За умови неправильної відповіді більш ніж на третину запитань захист не зараховується.

Максимальна оцінка проекту становить 45 балів

Лабораторні заняття проводяться в системі GoogleClassroom (Код класу: q7geiwv, <https://meet.google.com/lookup/abjvszlknu>). Відвідування занять є обов'язковим.

Робота на лабораторному занятті передбачає виконання або захист лабораторної роботи кожним студентом окремо. Виконання лабораторної роботи здійснюється наступним чином: перегляд відео-файлу лабораторної роботи, запис результатів вимірювань, відправлення скану (фото) результатів вимірювань викладачу, проходження он-лайн тесту щодо структури лабораторного стенду та методики проведення вимірювань. Кожний студент виконує 3 лабораторних роботи. Оцінювання виконання лабораторної роботи здійснюється на основі результатів тестування. Кожний тест містить 5 запитань, правильні відповіді на які дають змогу одержати 5 балів. Захист лабораторної роботи відбувається за наявності протоколу лабораторної роботи, що містить розрахунки на основі вимірюваних даних, в письмовій формі у вигляді відповідей на 2 теоретичних запитання, скан (фото) яких надсилається викладачу. Оцінювання захисту лабораторної роботи здійснюється на основі результатів перевірки протоколу лабораторної роботи та відповідей на теоретичні запитання. Максимальну кількість балів, які студенти можуть отримати за захист лабораторної роботи – 10 балів (по 5 балів за протокол та відповіді на запитання).

Умова допуску до заліку/іспиту – виконання та захист 3 лабораторних робіт кожним студентом окремо.

6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для успішного проходження першого календарного контролю: студент повинен набрати не менше 20% балів від максимального сумарного рейтингу протягом семестру. Для успішного проходження другого календарного контролю студент повинен набрати не менше 40% балів від максимального рейтингу.

Семестровий контроль здійснюється у вигляді заліку.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну для позитивної оцінки кількість балів мають можливість:

- не складати залік, а отримати оцінку „автоматом” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни;
- складати залік з метою підвищення оцінки.

У разі отримання назаліку оцінки нижчої, ніж за рейтингом, за студентом не зберігається оцінка отримана „автоматом”.

Студенти, семестровий рейтинг яких відповідає оцінці „незадовільно”, зобов’язані складати залік.

Студенти, які за семестровим рейтингом не допущені до заліку з цієї дисципліни, зобов’язані підвищити його до рівня не менше 60%.

Оцінка визначається за сумою набраних рейтингових балів відповідно до системи розрахунку шкали рейтингу.

Рейтинговий бал студента нараховується за наступними правилами;

Семестровий контроль: екзамен / залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри мікроелектроніки, к.ф.-м.н. Свечніковим Г.С

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол №22 від 23.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 06/23 від 29.06.2023 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.