



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Оптичні методи контролю багатошарових 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



### Зайцев Роман Валентинович

[roman.zaitsev@khipi.edu.ua](mailto:roman.zaitsev@khipi.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор, старший дослідник, завідувач кафедри

Має більш ніж 300 наукових та навчально-методичних праць, з них 67 у виданнях включених до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 2 монографії, 2 підручники, 4 навчальні посібники та 12 патентів України на корисну модель. Керівник та виконавець більш ніж 10 науково-дослідних робіт в сфері сонячної енергетики.

Основні дисципліни:

- «Оптоелектронні прилади та матеріали»;
- «Розробка новітніх конструкційно-технологічних рішень та методи атестації перетворювачів енергії сонячного випромінювання»;
- «Плівкові оптоелектронні приладові структури»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

При опануванні дисципліни студент розвиватиме та посилить компетентності щодо проектування, та атестації тонкоплівкових приладових структур, зокрема вимірювання за сучасними методиками оптичних параметрів приладових структур, що використовуються для виготовлення засобів електронного захисту та сонячних елементів. Отримає знання щодо сучасних оптичних методів вимірювання параметрів тонкоплівкових систем, що впроваджуються в Україні та світі. Також увага приділяється навичкам розрахунку фундаментальних параметрів тонких плівок на основі вимірювань їх оптичних властивостей.

### Мета та цілі дисципліни

Формування у студентів знань, навичок та компетентностей, що забезпечують проектування, атестацію та вдосконалення тонкоплівкових приладових структур, зокрема світлогенеруючих та сонячних елементів на їх основі при проектуванні, розробці, виготовленні та експлуатації систем

створення пристроїв електронного захисту та відновлюваної енергетики на основі вимірювань оптичних параметрів таких тонкоплівкових систем.

### **Формат занять**

Лекції, лабораторні роботи, практичні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – залік.

### **Компетентності**

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ФК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення.

ФК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.

ФК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.

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

ФК9. Здатність досліджувати та експлуатувати прилади сонячної енергетики.

### **Результати навчання**

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.

ПРН11. Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.

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

### **Обсяг дисципліни**

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

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження курсу студент має знати основні принципи вакуумної техніки, ключові матеріали та технології сонячної енергетики та методи їх дослідження. Студент має володіти навичками безпечної професійної діяльності та навичками провадження дослідницької та практичної діяльності при вирішенні наукових та практичних проєктів.

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

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

Дисципліна побудована на розгляді практичних рішень та проєктів для промислових об'єктів України з урахуванням розгляду світових досягнень і рішень у сфері відновлюваної енергетики. В рамках самостійної роботи студентам пропонується проєктна розрахунково-графічна робота, яка дозволить сформувати індивідуальні навички проєктування завершених рішень для подальшої професійної діяльності.

# Програма навчальної дисципліни

## Теми лекційних занять

### Тема 1. Джерела світла

Фотометричні поняття й одиниці. Перехід від енергетичних величин до світлового. Одиниці для світлових намірів. Світлові виміри (фотометрія). Основні властивості джерел світла. Джерела суцільного спектра. Джерела лінійчатого спектра. (4 год.)

### Тема 2. Лазери в оптичних вимірюваннях

Конструкції й основні характеристики лазерів. Візування. Лазерна інтерферометрія. Вимір швидкості. Лазерна спектроскопія. Лазери з частотою, що перебудовується. Аналітичні додатки. (4 год.)

### Тема 3. Дослідження оптичних елементів і покриттів

Точні виміри довжин, кутів і радіусів кривизни оптичних елементів. Спектральна апаратура. Градування спектральних апаратів. Фотометрирування. Вимір спектрального коефіцієнта відбитка. Вимір спектрального коефіцієнта пропускання. Аналіз оптичної неоднорідності покриттів. Вимір розсіяного (спектра) світла. (4 год.)

### Тема 4. Оптичні властивості багатошарових плівкових структур.

Методи розрахунку оптичних характеристик багатошарових плівкових структур. Розрахунок антивідбиткового покриття. Розрахунок спектральної залежності інтерференційного світлофільтра. (4 год.)

### Тема 5. Абсорбційна спектроскопія.

Спектральні прилади. Спектроскопія відбивання і пропускання. Вимоги до зразків. Визначення оптичних констант прозорої плівки на непоглинаючий підкладці. Поглинаюча плівка на прозорій підкладці. Сильно поглинаюча плівка. (4 год.)

### Тема 6. Еліпсометрія

Поляризаційні кути відбиваючої системи. Типи еліпсометрів. Визначення параметрів плівкових систем за даними еліпсометрії. (4 год.)

### Тема 7. Люмінесцентні методи контролю параметрів напівпровідників

Люмінесцентні методи визначення параметрів зонної структури. Люмінесцентні методи визначення параметрів глибоких центрів. Контроль якості напівпровідникових матеріалів і приладів. (4 год.)

### Тема 8. Методи дослідження оптичних волоконних світлопроводів

Оптичні волоконні світлопроводи (ОВС): методи одержання, основні характеристики, застосування. Механічні властивості волокна. Вплив технологічних умов виготовлення і методів обробки поверхні на розподіл дефектів в ОВС. Класифікація дефектів. Механізми зросту тріщини. Гіпотеза микротрісок Гриффита. (4 год.)

### Тема 9. Оптичні параметри сонячних елементів

Процеси відбивання і поглинання світла в перетворювачах сонячного випромінювання. Оптичні, електрофізичні і фотоелектричні характеристики окремих складових і ФЕП у цілому. (4 год.)

### Тема 10. Оптичні дослідження сонячних елементів та теплових колекторів

Атестація і контроль оптичних характеристик покриттів сонячних елементів, що просвітлюють. Методи виміру властивостей селективних покриттів поверхні фототермічних установок і теплових колекторів. Тестування перетворювачів сонячної енергії в наземних і космічних умовах. Визначення оптичних характеристик сонячних елементів і батарей. (6 год.)

### Тема 11. Приладове забезпечення оптичних досліджень сонячних елементів.

Стандартизація спектрального складу випромінювання для атестації ФЕП. Імітатори сонячного випромінювання. Еталонні сонячні елементи. градування еталонних сонячних елементів. Вимір параметрів сонячних елементів і батарей. Оцінка якості сонячних елементів без імітаторів Сонця. Застосування еталонних сонячних елементів у космосі. (6 год.)

## Теми практичних занять

Тема 1. Застосування лазерів в експериментальній спектроскопії. Вимір променевої потужності. (4 год.)

Тема 2. Практичні аспекти абсорбційної спектроскопії для визначення характеристик тонких плівок. (4 год.)

Тема 3. Еліпсоμεстрія. Визначення параметрів плівкових систем за даними еліпсоμεстрії. (4 год.)  
Тема 4. Атестація і контроль оптичних характеристик сонячних елементів та покриттів у їх складі. (4 год.)

### Теми лабораторних робіт

Тема 1. Розрахунок параметрів тонких плівок за їх коефіцієнтом пропускання.  
Тема 2. Визначення коефіцієнту відбиття тонких плівок методом спектрофотометрії.  
Тема 3. Експериментальне визначення параметрів тонкоплівкових систем методом еліпсоμεстрії.  
Тема 4. Дослідження оптичних характеристик сонячних елементів із використанням імітатора сонячного випромінювання.

### Самостійна робота

Самостійна робота студента виконується у вигляді реферату за тематикою на вибір:

1. Взаємодія електромагнітних хвиль із твердим тілом. Оптичні константи твердого тіла.
2. Оптичні властивості напівпровідників.
3. Абсорбційна спектроскопія.
4. Еліпсоμεстрія і сучасні прилади для її реалізації.
5. Випромінювальні та невикористані переходи у напівпровідниках.
6. Просвітлююче покриття та методи його створення.
7. Методи підвищення ефективності селективного покриття сонячних теплових колекторів.
8. Сучасні конструктивні рішення лазерних випромінювачів.
9. Конструктивні рішення світловодів із підвищеною ефективністю.

### Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Попик Ю.В. Фізика напівпровідників. Підручник / Ужгород: "Іва", 2014. - 820 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: навчальний посібник, Кн. 2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка. Київ: Либідь, 2001.
3. Студеняк І.П., Краньчец М., Курик М.В. Оптика розупорядкованих середовищ / Ужгород: Гражда, 2008.
4. Кучерук І.М. Загальний курс фізики. Т. 3. Оптика. Квантова фізика / І.М. Кучерук, І. Т. Горбачук. – Київ: Техніка, 1999.
5. Горбань І.С. Основи хвильової та променевої оптики : навчальний посібник для студентів фіз. спеціальностей / І. С. Горбань, О. Г. Олійник, І. М. Халімонова. – Київ, 1999.
6. Петрук В.Г. Теоретичні основи оптичних методів вимірювання неоднорідних середовищ : Монографія Вінниця : УНІВЕРСУМ - Вінниця, 1997. Ч. 1. 109 с.
7. Прикладна фотометрична еліпсоμεстрія / В. А. Одарич. – К. : Пульсари, 2017. – 416 с. – [ISBN 617-615-072-5](#).
8. Комбіновані фотоенергетичні системи / Р.В. Зайцев, Г.С. Хрипунов, М.В. Кіріченко, А.В. Меріуц - Харків: Стильздат, 2020. – 324 с.
9. Handbook of Laser Technology and Applications: Lasers: Principles and Operations Volume One, Second Edition / ed. by Chunlei Guo - CRC Press, 2021. - 560 p.
9. High Concentrator Photovoltaics / ed. by Pedro Pérez-Higueras, Eduardo F. Fernández - Springer, 2015. - 477 p.
10. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering / ed. by Antonio Luque, Steven Hegedus - John Wiley & Sons, 2010. - 1132 p.
11. Handbook of Solar Thermal Technologies / ed. by Clifford K Ho - World Scientific Book, 2022. - 452 p.

Додаткова література:

1. Electronic and Optical Properties of Graphite-Related Systems / ed. by Chiun-Yan Lin and Rong-Bin Chen - CRC Press, 2017. - 477 p.

## 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. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 30 балів (30%).
3. Залік - 30 балів (30%).

### 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

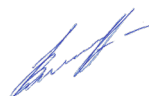
## Норми академічної етики і політика курсу

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