



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Плівкові оптоелектронні приладові структури

### 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@khp.edu.ua](mailto:roman.zaitsev@khp.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, виготовлення та атестації тонкоплівкових приладових структур, зокрема світлогенеруючих та сонячних елементів, вибору основних компонентів сонячних систем, технологічних, схмотехнічних рішень та конструктивного виконання різних типів тонкоплівкових приладових структур, зокрема, сонячних батарей, що впроваджуються в Україні та світі. Також увага приділяється навичкам розрахунку основних параметрів таких систем, оцінці ефективності, собівартості та окупності на прикладах підприємств України.

### Мета та цілі дисципліни

Формування у студентів знань, навичок та компетентностей, що забезпечують проектування, виготовлення та атестацію тонкоплівкових приладових структур, зокрема світлогенеруючих та сонячних елементів при проектуванні, розробці, виготовленні та експлуатацію систем створення

пристроїв електронного захисту та відновлюваної енергетики для промислового та побутового сектора у відповідності до вимог нормативно-технічної документації.

### **Формат занять**

Лекції, 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.

ПРН6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.

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

ПРН9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю 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 справи.

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

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

#### **Тема 1. Сучасний стан розробок**

Сучасний стан розробок і використання тонкоплівкових приладів оптоелектроніки в Україні і світі. Тенденції і обсяги ринку джерел випромінювання та відновлюваних джерел енергії. (4 год.)

#### **Тема 2. Фізичні основи джерел випромінювання**

Оптичні переходи. Випромінювальна рекомбінація. Методи інжекції. Умова односторонньої інжекції у р-п переході. Умова односторонньої інжекції у гетеропереході. (4 год.)

#### **Тема 3. Світлодіоди видимого та інфрачервоного діапазону**

Світлодіод на основі AlGaAs, InGaAs, InGaP, GaP, AlInGaP. Світлодіод на основі гетероструктури InGaAs/GaAs з емісією випромінювання у планарному напрямку. Блакитний світлодіод із подвійною гетеро структурою. Зелений світлодіод із квантовою ямою. (4 год.)

#### **Тема 4. Напівпровідникові лазери.**

Зонна діаграма та конструкція напівпровідникового лазера. Напівпровідникові лазери на фотонних кристалах. (4 год.)

#### **Тема 5. Приймачі оптичного випромінювання.**

Статистичні параметри плівкових фотодетекторів. Матеріали для фотоприймачів. Плівкові фоторезистори. Фотодіоди на основі р-п переходу. Загальні відомості. Вольт-амперна характеристика фотодіода. Спектральна чутливість. Р-і-п фотодіоди. Лавинні фотодіоди. Фототранзистори. (4 год.)

#### **Тема 6. Сонячні елементи на основі CdTe**

Пошарове виготовлення сонячних елементів на основі CdTe. Хімічні та вакуумні методи отримання тонкоплівкових шарів. Атестація сонячних елементів на виробництві. Технологічні основи створення сонячних батарей на основі технологічних підходів різного типу. Принципи ефективного використання виробничих потужностей. Рулонна технологія. (4 год.)

#### **Тема 7. Сонячні елементи на основі CIGS(CIS)**

Пошарове виготовлення сонячних елементів на основі CIGS(CIS). Хімічні та вакуумні методи отримання тонкоплівкових шарів. Різні технологічні підходи та особливості виробництва сонячних елементів. (4 год.)

#### **Тема 8. Сонячні елементи на основі аморфного кремнію**

Аморфний та мікрокристалічний кремній. Гідрогенізація кремнію. Створення сонячних елементів на основі аморфного кремнію. Особливості проведення досліджень. (4 год.)

#### **Тема 9. Багатоперехідні та тандемні сонячні елементи**

Багатоперехідні сонячні елементи. Тандемні сонячні елементи. Принципи роботи та виготовлення. Сучасний стан розробок та світові досягнення. (4 год.)

#### **Тема 10. Переваги волоконної оптики як комунікаційного середовища**

Широка смуга пропускання. Низькі втрати. Нечутливість до електромагнітних полів. Мала вага. Мінімальний розмір. Безпека. Секретність.. (4 год.)

#### **Тема 11. Принципова конструкція оптичного волокна.**

Класифікація волокон. Матеріал. Індекс заломлення та модова структура світла. Порівняння волокон. Характеристики волокна. Дисперсія (модова, молекулярна, хвилеводна). Згасання (розсіяння, поглинання). Мікрозгинальні втрати. Чисельна апертура. (4 год.)

#### **Тема 12. Технологія виготовлення волоконних світловодів.**

Виготовлення кварцового скла осадженням із газової фази. Процес виготовлення заготовки для оптоволокна. Хімічний осад з газової фази. OVD-метод (outside vapor deposition). VAD-метод (axial vapor deposition). Витяжка оптоволокна. (4 год.)

### **Теми практичних занять**

**Тема 1. Визначення критеріїв ефективності випромінювання для світлодіодів на основі різних матеріалів. (4 год.)**

Тема 2. Розрахунок відповідності міжплощинних відстаней гетеросистем для сонячних елементів. (4 год.)

Тема 3. Порівняння конструктивно-технологічних рішень лазерів та світлодіодів. (4 год.)

Тема 4. Зіставлення конструктивно-технологічних рішень приймачів оптичного випромінювання. (4 год.)

### Теми лабораторних робіт

Тема 1. Вакуумні методи нанесення тонкоплівкових шарів сонячних елементів.

Тема 2. Дослідження параметрів тонкоплівкових шарів оптичними та електричними методами.

Тема 3. Дослідження вихідних характеристик сонячних елементів на основі телуриду кадмію.

Тема 4. Дослідження вихідних характеристик сонячних елементів на основі сполуки CIS.

### Самостійна робота

Самостійна робота студента виконується у вигляді розрахунково-графічної роботи:

РГР 1: Концептуалізація підходів модернізації сонячних елементів на основі телуриду кадмію

1. Вихідні дані завдання.

2. Перелік переваг використання тонкоплівкових сонячних елементів на основі CdTe.

3. Розрахункові показники споживаних ресурсів.

4. Перегляд сучасних концепцій та напрямків покращення електричних параметрів даних девайсів.

5. Переваги та орієнтовні строки виконання наукових та науково-дослідних робіт в даному науковому напрямку.

6. Техніко-економічне обґрунтування проекту та термін окупності.

7. Висновки.

РГР 2: Концептуалізація підходів модернізації сонячних елементів на основі CIS

1. Вихідні дані завдання.

2. Перелік переваг використання тонкоплівкових сонячних елементів на основі CIS.

3. Розрахункові показники споживаних ресурсів.

4. Перегляд сучасних концепцій та напрямків покращення електричних параметрів даних девайсів.

5. Переваги та орієнтовні строки виконання наукових та науково-дослідних робіт в даному науковому напрямку.

6. Техніко-економічне обґрунтування проекту та термін окупності.

7. Висновки.

### Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». – 2118-VII. – К.: ВВР, 2017, №3, с.5, стаття 359.

2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

3. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085)

4. ДБН В. 2.5 – 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України, 2013. – 113 с.

5. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія». – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 123 с.

6. ДСТУ Б А.2.2 – 12 :2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні». – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України, 2015. – 140 с.

7. Technology Bases of Combined Photovoltaic Systems / R. Zaitsev, M. Kirichenko, K. Minakova, G. Khrypunov, V. Nikitin - Transactions on Physics & Math in Engineering Science, Ser.A, Vol. 1, Kharkiv: NTU "KhPI", 2023. - 240 p.
8. Комбіновані фотоенергетичні системи / Р.В. Зайцев, Г.С. Хрипунов, М.В. Кіріченко, А.В. Мериуц - Харків: Стильіздат, 2020. – 324 с.
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. Забарний Г. М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. НАН України. Ін-т техн. теплофізики. - К., 2002. - 210 с.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. Під редакцією Кудрі. С.О. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
3. Адаменко О.М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: [монографія] / О.М. Адаменко. - Івано-Франківськ: ІМЕ, 2010. - 432 с.
4. Альтернативна енергетика / М. Д. Мельничук, В. О., Дубровін, В. Г. Мироненко та ін. - Київ: Аграр Медіа Груп, 2012. -244 с.
5. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. - Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 256 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. 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

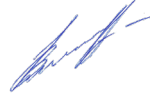
Силабус погоджено

24.06.2024



Завідувач кафедри  
Роман ЗАЙЦЕВ

24.06.2024



Гарант ОП  
Роман ЗАЙЦЕВ

