



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Плівкові фотоелектричні перетворювачі

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і 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



Зайцев Роман Валентинович

roman.zaitsev@khpі.edu.ua

Доктор технічних наук, доцент, 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 систем виготовлення та атестації тонкоплівкових сонячних елементів, вибору основних компонентів сонячних систем, технологічних, схмотехнічних рішень та конструктивного виконання різних типів тонкоплівкових 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 кваліфіковану участь у проектній роботі при проектуванні, розробці, виготовленню та експлуатації систем створення елементної бази відновлюваної енергетики для промислового та побутового сектора у відповідності до вимог нормативно-технічної документації.

Формат занять

Лекції, практичні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

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.

СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення й аналіз отриманих результатів.

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.

СК6. Здатність розробляти й реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК7. Здатність проектувати та впроваджувати ефективні, надійні й безпечні, зв'язані з мережею та автономні електрогенеруючі установки й станції, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема фотоелектричні.

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.

РН2. Визначати напрями, розробляти й реалізовувати проекти створення та модернізації електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

РН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

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

РНс2.4. Планувати впровадження нових проектних рішень у розробку та виробництво пристроїв мікро- та наносистемної техніки для систем відновлюваної генерації.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 102 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Попередні дисципліни:

- Фізичне матеріалознавство напівпровідникових приладів;
- Властивості та сучасні методи дослідження напівпровідникових приладів.

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 проектів.

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 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. Загальні положення

Терміни та визначення. Основи використання відновлюваних джерел енергії. Джерела енергії Землі. Потенціал відновлюваних джерел енергії України. Стан мікроелектронної індустрії України. (2 год.)

Тема 2. Сучасний стан розробок

Сучасний стан розробок і використання відновлюваних джерел енергії в Україні і світі. Тенденції і обсяги ринку відновлюваних джерел енергії. Переваги та недоліки окремих видів сонячних електростанцій. (2 год.)

Тема 3. Напівпровідникові матеріали для сонячних елементів

Класифікація та принцип дії напівпровідників у складі сонячного елемента. Спектральні відгуки сонячних елементів різного типу. Застосування сонячних елементів різного типу у приватних господарствах України та світу. (2 год.)

Тема 4. Проєктування і розробка сонячних елементів

Основні матеріали, що використовуються при виробництві сучасних сонячних елементів. Технологічні основи створення. Принципи ефективного використання. Переваги та недоліки використання тонкоплівкових технологій. Основні виклики створення тонкоплівкових сонячних елементів. (4 год.)

Тема 5. Сонячні елементи на основі CdTe

Пошарове виготовлення сонячних елементів на основі CdTe. Хімічні та вакуумні методи отримання тонкоплівкових шарів. Атестація сонячних елементів на виробництві. (2 год.)

Тема 6. Проблеми при виготовленні сонячних батарей

Основні матеріали буферних шарів, їх роль. Технологічні основи створення сонячних батарей на основі технологічних підходів різного типу. Принципи ефективного використання виробничих потужностей. Рулонна технологія. (2 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. Гідрогеізація 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. (2 год.)

Тема 10. Тонкоплівкові сонячні елементи третьої хвилі

Основні матеріали, що використовуються при виробництві сучасних сонячних елементів третьої хвилі. Технологічні основи створення. Сонячні елементи на основі органічних сполук, світлочутливих барвників, 1D нанокристалів. (4 год.)

Тема 11. Методи дослідження параметрів сонячних батарей

Основні методи дослідження параметрів. Класифікація існуючих приладів. Створення спеціалізованих вимірювальних стендів. Особливості проведення досліджень. Інтерпретація та обробка отриманих результатів досліджень. Моделювання особливостей роботи систем. (2 год.)

Тема 12. Розвиток тонкоплівкової сонячної енергетики

Порівняльний аналіз ефективності різних типів тонкоплівкових сонячних елементів, визначення оптимальних критеріїв використання кожної з них. Методи стимулювання розвитку відновлюваної енергетики в Україні та світі. Комплексне використання енергії відновлюваних джерел. Екологічні проблеми використання альтернативних джерел енергії. (2 год.)

Теми практичних занять

Тема 1. Визначення критеріїв розміщення засобів виробництва сонячних елементів на підприємстві

Видача завдання для виконання розрахунково-графічної роботи. Ознайомлення з критеріями оцінювання. Вивчення галузі промисловості конкретного підприємства (на прикладах). Визначення типу підприємства. Визначення видів продукції. План-схема підприємства і його особливості. (4 год.)

Тема 2. Розрахунок відповідності міжплощинних відстаней гетеросистем для сонячних елементів

Визначення видів матеріалів у складі сонячного елемента. Визначення міжплощинних відстаней монокристалічних та полікристалічних матеріалів. Виконання розрахунку відповідностей міжплощинних відстаней за методикою розрахунку. (4 год.)

Тема 3. Розрахунок матеріалоемності виробництва тонкоплівкових сонячних елементів

Виконання огляду тонкоплівкових сонячних елементів за сучасними каталогами. Аналіз параметрів та підбір сонячних теплових колекторів за технічними характеристиками від виробників. Підбір на основі розрахунків товщин шарів матеріалу за наявними літературними даними. Розрахунок матеріалоемного виграшу при використанні тонких плівок в складі сонячних елементів. (4 год.)

Тема 4. Аналіз та обговорення запропонованих рішень індивідуальних завдань

Аналіз ефективності запропонованих рішень, визначення та обговорення переваг та недоліків. (4 год.)

Теми лабораторних робіт

Не передбачені

Самостійна робота

Індивідуальне завдання – розрахункова робота (Р)

Тема Р на вибір:

Р 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.

Р 2: Концептуалізація підходів модернізації сонячних елементів на основі CIGS

1. Вихідні дані завдання.
2. Перелік переваг використання тонкоплівкових сонячних елементів на основі CIGS.
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.

Обсяг: 15-25 с.

Термін подачі: 16-й тиждень.

Оцінюється повнота та точність розрахунків, оформлення роботи.

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
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. Меріуц - Харків: Стилздат, 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 - 15 балів кожний (60%).
2. Звіт за результатами індивідуальної РГР - 40 балів (40%).

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