

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

(назва факультету / інституту)

Кафедра теоретичної фізики та комп'ютерного моделювання

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Директор Інституту ФТКН

Ангельський О.В.

_____ 20 ____ року

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

Новітні технології у напівпровідниковому матеріалознавстві

(назва навчальної дисципліни)

вибіркова дисципліна

(вказати: обов'язкова)

Освітньо-наукова програма **«Фізика та астрономія»**

(назва програми)

Спеціальність **104 «Фізика та астрономія»**

(вказати: код, назва)

Галузь знань **10 «Природничі науки»**

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти: **третій (освітньо-науковий)**

Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання: **українська**

Чернівці 2020

Робоча програма навчальної дисципліни Новітні технології у напівпровідниковому матеріалознавстві складена відповідно до вимог її змісту (Ліцензійні умови провадження освітньої діяльності 2016 р.) та відповідає освітньо-науковій програмі «Фізика та астрономія» спеціальності 104 «Фізика та астрономія» галузь знань: 10 «Природничі науки»

(назва освітньо-наукової програми, код та назва спеціальності, галузь знань: шифр та назва)
затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № від «___» _____ 20__ року).

Розробники:

Солован Михайло Миколайович, доцент кафедри електроніки і енергетики, доктор фізико-математичних наук

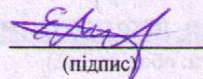
Мостовий Андрій Ігорович, асистент кафедри електроніки і енергетики, кандидат технічних наук

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
електроніки і енергетики

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2020 року

Завідувач кафедри


(підпис)

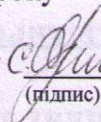
(Мар'янчук П.Д.)
(прізвище та ініціали)

Схвалено

Методичною радою інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2020 року

Голова методичної ради інституту / факультету


(підпис)

Струк Я.М.
(прізвище та ініціали)

1. Мета навчальної дисципліни: (у меті стисло зазначити місце навчальної дисципліни та програмних результатів навчання з цієї дисципліни, які визначені освітньо-науковою програмою).

Метою викладання навчальної дисципліни «Новітні технології у напівпровідниковому матеріалознавстві» є теоретична і практична підготовка аспірантів в області напівпровідникового матеріалознавства, а також розвиток у них навиків самостійної роботи при вирішенні задач матеріалознавства та технології матеріалів таких як очищення матеріалів, одержання об'ємних та плівкових напівпровідникових матеріалів. Знання, набуті під час вивчення курсу, повинні дозволити майбутньому фахівцю на практиці використовувати закономірності технологічних процесів, володіти способами їх оптимізації, орієнтуватися в основних напрямках науково-технічного прогресу в області напівпровідникового матеріалознавства.

Формування в аспірантів наступних компетентностей:

Загальних:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК8. Здатність працювати автономно, ініціювати, організовувати та проводити комплексні теоретичні та експериментальні дослідження.
- ЗК10. Здатність виявляти, ставити й вирішувати проблеми та проводити дослідження на відповідному рівні, планувати й прогнозувати результати.

Фахових:

- ФК1. Дослідницькі здатності та компетентність виконувати оригінальні дослідження у вибраній області фізики та досягати наукових результатів, які створюють нові знання, із звертанням особливої уваги до актуальних задач та використанням новітніх наукових методів.
- ФК5. Вміння проводити спектральні дослідження неорганічних та органічних наноструктурованих об'єктів.
- ФК6. Здатність проводити фундаментальні та прикладні наукові дослідження з використанням сучасних експериментальних та теоретичних методів.
- ФК7. Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії.
- ФК9. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження низькорозмірних систем, володіння принципами структурної побудови наносистем.
- ФК10. Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей низькорозмірних систем різних типів.

Програмних результатів навчання:

- ПРН2. Здатність здійснити завершене оригінальне дослідження, що ґрунтується на використанні сучасних методів науки.
- ПРН11. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних наукових методів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
- ПРН18. Мати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії;

Після прослуховування курсу аспіранти повинні:

знати:

- методи та принципи очистки та одержання об'ємних і плівкових напівпровідникових матеріалів;
- будову устаткування для очистки та одержання об'ємних і плівкових напівпровідникових матеріалів.

вміти:

- Використовувати методи очистки напівпровідникових матеріалів;
- Використовувати методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів;
- Використовувати методи одержання тонкоплівкових напівпровідникових матеріалів.

2. Опис навчальної дисципліни

2.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни: Новітні технології у напівпровідниковому матеріалознавстві												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна			4	120	2	30			15	75		Іспит

2.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	У тому числі				
		Л	Пр	Лаб	Інд	С.р.
Змістовий модуль 1. Типи напівпровідників. Очистка матеріалів. Фазові діаграми.						
Тема 1. Групи напівпровідникових матеріалів.	10	2		2		6
Тема 2. Напівпровідники $A^N B^{8-N}$, $A^{IV} B^{VI}$.	10	4		2		4
Тема 3. Методи очищення напівпровідникових матеріалів.	10	2		2		6
Тема 4. Фазові рівноваги в напівпровідникових системах з необмеженою розчинністю компонент.	10	2				8
Тема 5. Напівпровідникові системи з обмеженою розчинністю компонент	10	2				8
Разом за змістовим модулем 1	50	12		6		32
Змістовий модуль 2. Методи одержання об'ємних та тонкоплівкових напівпровідникових матеріалів						
Тема 1. Одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів метод Бріджмена.	10	2		2		6
Тема 2. Одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів метод Чохральського.	10	2		2		6
Тема 3. Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з газоподібної фази	10	2				8
Тема 4. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів методом термічного випаровування та електронно-променевим випаровуванням.	14	4		2		8
Тема 5. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів методом магнетронного розпилення на постійному та змінному струмі.	14	4		2		8

Тема 6. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів безвакуумними методами напылення.	12	4		1		7
Разом за змістовим модулем 2	70	18		9		43
Усього годин	120	30		15		75

2.3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Групи напівпровідникових матеріалів.

Вступ.

Ковалентний зв'язок.

Йонний зв'язок.

Водневий зв'язок.

Металевий зв'язок.

Молекулярний зв'язок.

Тема 2. Напівпровідники $A^N B^{8-N}$, $A^{IV} B^{VI}$.

Сполуки.

Тверді розчини $A^N B^{8-N}$.

Напівпровідникові речовини $A^{IV} B^{VI}$.

Напівпровідникові речовини $A^V B^{VI}_3$.

Потрійні напівпровідникові сполуки.

Тема 3. Методи очищення напівпровідникових матеріалів.

Кристалізаційні методи очистки.

Коефіцієнт розподілу домішок.

Методи очищення матеріалів.

Тема 4. Фазові рівноваги в напівпровідникових системах з необмеженою розчинністю компонент.

Діаграми фазової рівноваги.

T-X діаграми бінарних систем.

Типи фазових діаграм з необмеженою розчинністю компонент.

Тема 5. Напівпровідникові системи з обмеженою розчинністю компонент

Діаграми стану з евтектичним перетворенням.

Діаграми стану з перитектичним перетворенням.

Діаграми стану з хімічними перетвореннями.

Тема 6. Одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів методом Бріджмена.

Суть методу Бріджмена.

Переваги та недоліки методу Бріджмена.

Тема 7. Одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів методом Чохральського.

Суть методу Чохральського.

Переваги та недоліки методу Чохральського.

Тема 8. Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з газоподібної фази

Метод сублімації-конденсації.

Метод хімічних реакцій.

Метод хімічного транспорту (переносу).

Тема 9. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів методом термічного випаровування та електронно-променевим випаровуванням.

Метод термічного випаровування.

Метод електронно-променевого випаровування.

Тема 10. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів методом магнетронного розпилення на постійному та змінному струмі.

Катодне напылення.

Магнетронне розпилення на постійному струмі.

Магнетронне розпилення на змінному струмі.

Тема 11. Одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів безвакуумними методами напылення.

Метод спреї піролізу.

Метод спін-коутингу.

Метод олівець-на-напівпровіднику.

2.4. Теми лабораторних занять

№	Назва теми
1	Виготовлення та підготовка ампул для вирощування напівпровідникових кристалічних матеріалів
2	Розрахунок маси вихідних елементарних компонент напівпровідникових матеріалів та їх зважування
3	Очищення матеріалів методом зонної перекристалізації
4	Вирощування кристалів методом Бріджмена
5	Вирощування кристалів методом Чохральського
6	Напилення тонких плівок методом термічного випаровування та електронно-променевим випаровуванням
7	Напилення тонких плівок методом магнетронного розпилення на постійному струмі

2.5. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Типи хімічного зв'язку. Групи напівпровідникових матеріалів. Ковалентний зв'язок. Йонний зв'язок. Водневий зв'язок. Металевий зв'язок. Молекулярний зв'язок.
2	Напівпровідники $A^N B^{8-N}$, $A^{IV} B^{VI}$. Сполуки. Тверді розчини $A^N B^{8-N}$. Напівпровідникові речовини $A^{IV} B^{VI}$. Напівпровідникові речовини $A^V_2 B^{VI}_3$. Потрійні напівпровідникові сполуки.
3	Одержання чистих напівпровідникових матеріалів. Кристалізаційні методи очистки. Коефіцієнт розподілу домішок. Методи очищення матеріалів
4	Фазові рівноваги в напівпровідникових системах Діаграми фазової рівноваги. Т-Х діаграми бінарних систем. Типи фазових діаграм з необмеженою розчинністю компонент.
5	Напівпровідникові системи з обмеженою розчинністю Діаграми стану з евтектичним перетворенням. Діаграми стану з перитектичним перетворенням. Діаграми стану з хімічними перетвореннями.
6	Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з рідкої фази Метод Бріджмена. Метод Чохральського.
7	Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з газоподібної фази Метод сублімації-конденсації. Метод хімічних реакцій. Метод хімічного транспорту (переносу).
8	Методи одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів Метод термічного випаровування. Метод електронно-променевого випаровування. Метод магнетронного розпилення. Епітаксія.

2. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Види та форми контролю

Формами поточного контролю є усна чи письмова (тестування, есе, реферат, творча робота) відповідь студента та ін.

Формами підсумкового контролю є іспит.

Засоби оцінювання

- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

(Оцінка за національною шкалою)	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)											Кількість балів (екзамен)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T6	40	100
6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5		

3. Рекомендована література

Основна

1. Боббиль А.Ф., Карманенко С.Ф. Физико-химические основы технологии полупроводников. Пучковые и плазменные процессы в планарной технологии: Учебное пособие. - СПб.: Изд. Политехн. ун-та, 2005. - 113 с.
2. Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства: навчальний посібник / укл.: Майструк Е. В., Козярський І. П., Козярський Д. П., Мар'янчук П. Д. Чернівці: Рута, 2020. 120 с.
3. Мар'янчук П.Д., Солован М.М., Брус В.В., Тонкі плівки нітриду титану та гетеропереходи на їх основі: монографія, Чернівці: Чернівецький нац. ун-т імені Юрія Федьковича, 2019. 152 с.

Додаткова

1. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. – М.: Выс. шк., 1986. – 368 с.
2. Томашик В.Н. Диаграммы состояния систем на основе полупроводниковых соединений АІВVI. / В.Н. Томашик, В.И. Грыщив – Киев: Наукова думка, 1982 . – 168 с.
3. 2. Твёрдые растворы в полупроводниковых системах / [справочник, под. ред. д. тех. наук В.С. Земскова].– М.: Наука, 1978.– 188 с.

Інформаційні ресурси

Статті по тематиці предмету представлені у різних міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science, Google Scholar.

Курс у системі Moodle: <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=187https://matlabhelper.com/>