

# Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

## Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних

### наук

(назва інституту/факультету)

### Кафедра електроніки і енергетики

(назва кафедри)

## СИЛАБУС

### навчальної дисципліни

### Основи технології матеріалів

(вказіть назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

### вибіркова

(вказати: обов'язкова)

### Освітньо-професійна програма Мікро- та наносистемна техніка

(назва програми)

### Спеціальність 153 - Мікро- та наносистемна техніка

(вказати: код, назва)

### Галузь знань 15 — Автоматизація та приладобудування

(вказати: шифр, назва)

### Рівень вищої освіти перший бакалаврський

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

### Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

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

### Мова навчання українська

(вказати: на яких мовах читається дисципліна)

Розробник: Глащук Марія Іванівна, асистент кафедри електроніки і енергетики, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

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

### Профайл викладача

<http://ptcsi.chnu.edu.ua/teachers/%D1%96%D0%BB%D0%B0%D1%89%D1%83%D0%BA-%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%96%D1%8F-%D1%96%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B0-3>

Контактний тел.

0506021636

E-mail:

[m.ilashchuk@chnu.edu.ua](mailto:m.ilashchuk@chnu.edu.ua)

Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=187>

Консультації

понеділок з 16.00 до 17.00

### 1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

Основними завданнями вивчення дисципліни “ Основи технології матеріалів” є:

- формування знань про класифікацію напівпровідникових матеріалів та їх використання у промисловій електроніці, вплив різних фізико- та хіміко-технологічних факторів на їх властивості;
- розуміння основних закономірностей утворення нових напівпровідникових сполук та твердих розчинів на їх основі з наперед заданими властивостями;
- оволодіння основними принципами одержання матеріалів високого ступеня чистоти та з контрольованим розподілом домішок;
- ознайомлення з промисловими методами вирощування структурно досконалих об'ємних напівпровідників і тонких напівпровідникових плівок із заданими властивостями;
- розуміння основних принципів і методів легування напівпровідників;
- формування практичних навиків застосування ефективних методів очистки та вирощування напівпровідникових матеріалів у промисловій електроніці.

**2. Мета навчальної дисципліни:** теоретична і практична підготовка студентів з курсу «Основи технології матеріалів», а також розвиток у них навиків самостійної роботи при вирішенні задач матеріалознавства та технології матеріалів, таких як: отримання нових напівпровідникових сполук та твердих розчинів на їх основі з наперед заданими властивостями; очистка матеріалів різними методами з врахуванням їх основних закономірностей; вирощування об'ємних кристалів та тонких плівок напівпровідникових матеріалів, придатних для застосування у промисловій електроніці.

**3. Пререквізити:** Фізика (Ч.1). Електротехнічні матеріали. Хімія. Основи метрології та електричних вимірювань.

**4. Результати навчання:** дати студентам знання з теорії хімічних зв'язків, на основі якої визначаються основні закономірності утворення напівпровідників, аналізу фазових діаграм, які дозволяють вибрати оптимальні умови отримання напівпровідників заданого складу; методів очистки матеріалів, основи технології вирощування напівпровідникових монокристалів та тонких плівок.

#### знати:

- основні групи напівпровідникових матеріалів;
- основи теорії хімічного зв'язку й закономірності утворення напівпровідників;
- термодинаміку процесів при вирощуванні складних напівпровідників та твердих розчинів на їх основі;
- основні методи отримання чистих речовин, їх класифікацію за ступенем чистоти;
- технологічні методи вирощування напівпровідникових кристалів з рідкої та газоподібної фази;
- основні принципи і методи легування напівпровідників;
- технологічні методи отримання тонких плівок.

#### вміти:

- застосовувати основи теорії хімічного зв'язку для отримання напівпровідників та твердих розчинів на їх основі з новими властивостями;
- використовувати діаграми стану для вибору технологічних умов вирощування складних напівпровідників;
- застосовувати знання основних методів очистки матеріалів для отримання високочистих напівпровідників;
- використовувати основні закономірності технологічних процесів вирощування об'ємних та тонкоплівкових напівпровідників для їх отримання з прогнозованими властивостями;

- застосовувати методи легування напівпровідників та закономірності дифузії домішок для керування їх фізико-хімічними властивостями.

ПР 7. Досліджувати характеристики і параметри мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів.

ПР 16. Застосовувати результати досліджень фізичних явищ в тонкоплівкових і мікро- та нанорозмірних напівпровідникових об'єктах для побудови елементів мікро- та наносистемної техніки

## 5. Опис навчальної дисципліни

### 5.1. Загальна інформація

Технологічні основи електроніки												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	Змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна, дистанційна	2-й	4-й	5	150	2	30	-	-	30	90	-	Екзамен

### 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
<b>Змістовий модуль 1. Основи теорії хімічного зв'язку. Фазові рівноваги в напівпровідникових системах.</b>						
<b>Тема 1. Класифікація напівпровідників.</b> Кристалічні та некристалічні напівпровідники. Основні групи біполярних напівпровідників.	15	2	-	3	-	10
<b>Тема 2. Основи теорії хімічного зв'язку.</b> Основні типи хімічного зв'язку. Умови його стабільності. Хімічні зв'язки у сполуках, похідних від $A^N B^{8-N}$ .	13	4		-		9
<b>Тема 3. Напівпровідникові сполуки та тверді розчини на їх основі.</b> Основні ознаки сполук та твердих розчинів. Типи твердих розчинів. Правило Вегарда.	13	2	-	3	-	8
<b>Тема 4. Діаграми фазової рівноваги.</b> Принципи побудови, аналізу і використання діаграм стану одно-, дво- і трьохкомпонентних систем. Т-Х діаграми бінарних систем. Особливості фазових діаграм з необмеженою розчинністю компонентів.	16	4	-	3	-	9
<b>Тема 5. Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів.</b> Діаграми стану з евтектичним та перитектичним	15	3		3		9

перетвореннями. Діаграми стану систем з хімічною сполукою. Сполуки, що плавляться конгруентно і інконгруентно.						
Разом за змістовим модулем 1	72	15	-	12	-	45
<b>Змістовий модуль 2. Кристалізаційна очистка матеріалів. Методи одержання об'ємних кристалів та тонких плівок напівпровідників.</b>						
<b>Тема 1. Основні принципи кристалізаційної очистки матеріалів.</b> Методи очищення кристалізацією. Класифікація речовин за ступенем чистоти. Рівноважний та ефективний коефіцієнти розподілу домішок.	14	2	-	4	-	8
<b>Тема 2. Основні принципи і методи легування напівпровідників.</b> Легування вирощених кристалів. Легування об'ємних кристалів в процесі вирощування з рідкої фази. Дифузія домішок.	14	2	-	2	-	10
<b>Тема 3. Вирощування об'ємних напівпровідникових кристалів з рідкої фази</b> Вирощування з власних розплавів та з розчинів. Методи нормальної спрямованої кристалізації. Методи витягування кристалів з розплаву.	18	4	-	4	-	10
<b>Тема 4. Одержання об'ємних кристалів з газоподібної фази.</b> Основні етапи росту кристалів із газової фази. Метод сублимації-конденсації. Метод хімічних реакцій. Метод хімічного транспорту (переносу).	15	3	-	2	-	10
<b>Тема 5. Основні методи одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів.</b> Фізичні та хімічні методи нанесення тонких плівок. Метод термічного та електронно-променевого випаровування. Метод магнетронного розпилення. Метод спреї-піролізу.	17	4	-	6	-	7
Разом за змістовим модулем 2	78	15	-	18	-	45
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>90</b>

### 5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми
1	Методики виготовлення та підготовка ампул з кварцу та пірексу для вирощування напівпровідникових кристалічних матеріалів
2	Розрахунок та зважування маси компонент складних напівпровідникових матеріалів.
3	Ознайомлення з теоретичними основами очищення матеріалів методом зонної перекристалізації та з будовою установки для її проведення.
4	Провести очистку напівпровідникового кристалу методом зонної плавки та визначити розподіл концентрації домішки вздовж злитка.
5	Ознайомлення з методикою синтезу компонент напівпровідникового кристалу та його вирощування методом Бріджмена.

5	Вирощування кристалів методом Чохральського
6.	Вирощування тонких плівок оксидів методом спреї-піролізу.

#### 5.4. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Характерні властивості напівпровідникових матеріалів. Основні групи напівпровідникових матеріалів.
2	
3	Поділ на класи особливо чистих речовин для напівпровідникової техніки. Класифікація речовин за ступенем чистоти за кордоном.
4	Фазові рівноваги у двохкомпонентних системах при відсутності хімічних сполук. Системи координат. Методика визначення складу фаз.
5	Основні поняття та визначення термодинаміки. Правило фаз Гібса. Фазові діаграми однокомпонентної системи у координатах тиск $P$ – температура $T$ .
6	Технологія умови отримання об'ємних напівпровідникових монокристалів з розчинів. Основні стадії росту кристалів при вирощуванні з розчину.
7.	Основні закономірності дифузії, які широко використовуються для створення заданого профілю розподілу домішок в напівпровідниках.
8.	Методи вирощування тонких плівок та монокристалів напівпровідників з газоподібної фази. Основні стадії масоперенесення при вирощуванні у вакуумі.
9.	Одержання тонких плівок металів та напівпровідників методами епітаксії.

#### 6. Система контролю та оцінювання

##### Види та форми контролю

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

Формами підсумкового контролю є залік, екзамен, комплексний іспит.

##### Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання можуть бути:

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;
- проекти (наскрізні проекти; індивідуальні та командні проекти; дослідницько-творчі)
- аналітичні звіти;
- реферати;
- розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- контрольні роботи;
- завдання на лабораторному обладнанні, тренажерах, реальних об'єктах тощо;
- інші види індивідуальних та групових завдань.

##### Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Результати екзамену оцінюються відповідно до прийнятої уніфікованої університетської шкали: 40 балів від загальної 100-бальної, при цьому:

**0–13 балів.** Студент виявляє слабке уявлення про теорію, методи та способи одержання напівпровідників та виготовлення напівпровідникових приладів.

**14-19 балів.** Студент має фрагментарні уявлення з предмета вивчення і може відтворити окремі його частини; знає основні методи та способи одержання напівпровідників та виготовлення



**T1, T2 ... T5 – теми змістових модулів.**

### **7. Рекомендована література основна**

1. Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства: навчальний посібник / укл.: Е.В. Майструк, І.П. Козярський, Д.П. Козярський, П.Д. Мар'янчук. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2020. 120 с.
2. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов / С.А. Медведев – М.: Высшая школа, 1970. – 504с.
3. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский – М.: Металлургия, 1988. – 575 с.
4. Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков – М.: Высшая школа, 1983. – 400 с.
5. Остробородова В.В. Основы технологии и материаловедения полупроводников / В.В. Остробородова – М.: Изд. Моск. Ун-та, 1988 – 300с.
6. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников/ И.А. Случинская – М.: Изд. Моск., 2002.–376с.
7. Тонкі плівки оксидів металів та гетеропереходи на їх основі / Мар'янчук П. Д., Брус В. В. Чернівці : Видавничий дім «РОДОВІД», 2014. 292 с.
8. Бобыль 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.

#### **допоміжна**

1. Томашик В.Н. Диаграммы состояния систем на основе полупроводниковых соединений А ІВ VI. / В.Н. Томашик, В.И. Грыцив – Киев: Наукова думка, 1982 . – 168 с.
2. Твёрдые растворы в полупроводниковых системах / [справочник, под. ред. д. тех. наук В.С. Земскова].– М.: Наука, 1978.– 188 с.
3. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. – М.:Выс. шк., 1986. – 368 с
4. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии: Пер. с англ. / Под. ред. Шальнова А.В. М.: Мир, 1985. 494 с.

### **6. Інформаційні ресурси**

Статті по тематиці предмету представлені у різних міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, WebofScience, GoogleScholar.