

# 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

### Технологічні основи електроніки

(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: Ілащук 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 “ Технологічні основи технології ” є:

- формування знань про закономірності утворення напівпровідникових фаз (елементарних речовин, сполук, твердих розчинів) у рівноважних і нерівноважних умовах, а також впливу хімічного складу, атомної структури й структурних дефектів на властивості матеріалу;
- оволодіння основними принципами кристалізаційних методів очистки матеріалів;
- ознайомлення з найбільш широко використовуваними у промисловості методами вирощування об'ємних напівпровідників і тонких напівпровідникових плівок із заданими властивостями;
- 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 «Технологічні основи електроніки», а також розвиток у них навиків самостійної роботи при вирішенні задач матеріалознавства та технології матеріалів таких як: отримання напівпровідників з прогнозованими властивостями; ефективна очистка матеріалів кристалізаційними методами; одержання об'ємних та плівкових напівпровідників високої чистоти та структурної досконалості.

**3. Пререквізити:** Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства / Фізика напівпровідникових приладів; Основи метрології та електричних вимірювань.

**4. Результати навчання:** дати студентам знання закономірностей утворення напівпровідникових фаз (елементарних речовин, сполук, твердих розчинів), впливу хімічного складу, атомної структури й структурних дефектів на властивості матеріалу; принципів підходів керування властивостями напівпровідників; методів та принципів одержання напівпровідникових матеріалів із заданими властивостями.

**знати:**

- загальні закономірності технологічних процесів виробництва різних напівпровідникових матеріалів;
- основні закономірності хімічного зв'язку у складних напівпровідникових сполуках та твердих розчинах на їх основі;
- класифікацію речовин за ступенем чистоти та основні принципи очистки кристалізаційними методами;
- будову устаткування для очистки та одержання об'ємних і плівкових напівпровідникових матеріалів;

**вміти:**

- використовувати основні закономірності технологічних процесів виробництва для отримання напівпровідників з прогнозованими властивостями;
- застосувати знання про особливості хімічного зв'язку у напівпровідниках для одержання нових, похідних від уже відомих, напівпровідникових сполук;
- використовувати принципи кристалізаційної очистки для отримання напівпровідникових матеріалів високої чистоти;
- ефективно використовувати відомі методи вирощування об'ємних кристалів та тонких плівок високої чистоти та структурної досконалості.

ПР 8. Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.

ПР 11. Організувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.

## 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. Очистка матеріалів.</b>						
<b>Тема 1. Типи хімічного зв'язку.</b> Основні групи напівпровідникових матеріалів. Ковалентний зв'язок. Йонний зв'язок. Водневий зв'язок. Металевий зв'язок. Молекулярний зв'язок.	15	2	-	3	-	10
<b>Тема 2. Напівпровідники <math>A^N B^{8-N}</math>, <math>A^{IV} B^{VI}</math>.</b> Хімічні зв'язки у сполуках, похідних від $A^N B^{8-N}$ . Напівпровідникові речовини $A^{IV} B^{VI}$ та $A^V_2 B^{VI}_3$ . Потрійні напівпровідникові сполуки	13	4	-	-	-	9
<b>Тема 3. Сполуки та тверді розчини.</b> Характерні особливості сполук та твердих розчинів. Типи твердих розчинів. Залежність постійної ґратки та ширини забороненої зони від складу твердого розчину.	13	2	-	3	-	8
<b>Тема 4. Одержання чистих напівпровідникових матеріалів.</b> Кристалізаційні методи очистки. Коефіцієнт розподілу домішок. Методи очищення кристалізацією.	16	4	-	3	-	9
<b>Тема 5. Класифікація речовин за ступенем чистоти.</b> Класифікація речовин, що використовуються у хімічній та металургійних галузях. Поділ на класи особливо чистих речовин для напівпровідникової техніки.	15	3	-	3	-	9
Разом за змістовим модулем 1	72	15	-	12	-	45
<b>Змістовий модуль 2. Фазові діаграми. Методи одержання напівпровідникових матеріалів</b>						
<b>Тема 1. Фазові рівноваги в напівпровідникових системах</b> Діаграми фазової рівноваги. Т-Х діаграми бінарних систем. Типи фазових діаграм з необмеженою	14	2	-	4	-	8

розчинністю компонент.						
<b>Тема 2. Напівпровідникові системи з обмеженою розчинністю</b> Діаграми стану з евтектичним та перитектичним перетвореннями. Діаграми стану з хімічними сполуками.	14	2	-	2	-	10
<b>Тема 3. Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з рідкої фази</b> Метод Бріджмена. Метод Чохральського.	18	4	-	4	-	10
<b>Тема 4. Методи одержання об'ємних напівпровідникових матеріалів з газоподібної фази</b> Метод сублімації-конденсації. Метод хімічних реакцій. Метод хімічного транспорту (переносу).	15	3	-	2	-	10
<b>Тема 5. Методи одержання тонких плівок напівпровідникових матеріалів</b> Метод термічного та електронно-променевого випаровування. Метод магнетронного розпилення.	17	4	-	6	-	7
Разом за змістовим модулем 2	78	15	-	18	-	45
<b>Усього годин</b>	150	30	-	30	-	90

### 5.3. 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.	Отримання тонких плівок напівпровідників методом магнетронного розпилення.

### 5.4. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Характерні властивості напівпровідникових матеріалів. Основні групи напівпровідникових матеріалів.
2	Хімічні зв'язки у напівпровідниках, похідних від $A^N B^{8-N}$ . Закономірності утворення твердих розчинів на основі сполук $A^N B^{8-N}$ . Напівпровідникові речовини $A^{IV} B^{VI}$ та $A^V_2 B^{VI}_3$ . Потрійні напівпровідникові сполуки.
3	Одержання чистих напівпровідникових матеріалів. Класифікація речовин за ступенем чистоти. Методи очищення матеріалів кристалізацією.
4	Фазові рівноваги у двохкомпонентних системах при відсутності хімічних сполук. Системи координат. Методика визначення складу фаз.
5	Фазові рівноваги у двохкомпонентних системах з обмеженою розчинністю у твердому стані. Діаграми стану з евтектичним перетворенням. Структурні

	складові сплавів. Ретроградна розчинність.
6	Технологія умови отримання об'ємних напівпровідникових монокристалів з розчинів. Основні стадії росту кристалів при вирощуванні з розчину.
7	Методи вирощування тонких плівок та монокристалів напівпровідників з газоподібної фази. Основні стадії масоперенесення при вирощуванні у вакуумі.
8	Одержання тонких плівок металів та напівпровідників методом катодного розпилення. Високочастотне магнетронне розпилення та його переваги.

## 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 напівпровідникових приладів, але не розуміє їх призначення і суть фізичних явищ, що лежать в основі цих методів.

**20-27 балів.** Студент знає окремі факти, що стосуються теорії методів та способів одержання напівпровідників та виготовлення напівпровідникових приладів; знає та розуміє основні закономірності предмету вивчення.

**28-29 балів.** Студент за допомогою викладача відтворює окремі частини начального теоретичного матеріалу, дає визначення основних понять і формулює окремі закони й закономірності, що розглядалися в курсі.

**30-32 бала.** Студент самостійно відтворює значну частину навчального матеріалу, формулює закони й закономірності, що розглядалися в курсі, але допускає несуттєві помилки; може пояснити теорію, методи та способи одержання напівпровідників та виготовлення напівпровідникових приладів.

**33-35 балів.** Студент самостійно відтворює фактичний і теоретичний навчальний матеріал, пояснює теорію, методи та способи одержання напівпровідників та виготовлення напівпровідникових приладів, узагальнює їх і надає кількісну характеристику з використанням математичного апарату, але допускає неточності.

**36-40 балів.** Студент вільно володіє засвоєними знаннями і використовує їх у нестандартних ситуаціях, самостійно оцінює суть теорії, методів та способів одержання напівпровідників та виготовлення напівпровідникових приладів, встановлює зв'язки між теоретичними викладками та практичними методами, має системні знання з предмета, аргументовано використовує їх, у тому числі в проблемних ситуаціях; самостійно знаходить і використовує інформацію згідно з поставленим завданням; аналізує додаткову інформацію.

У відомість обліку успішності та залікову книжку (індивідуальний навчальний план) студента заноситься сумарна кількість балів поточного(0-60 балів) та підсумкового контролю (іспит; 0-40 балів) згідно такої таблиці

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

**Підсумковий контроль:** екзамен

#### Розподіл балів, які отримують студенти (екзамен)

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		
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	40	100

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

#### 7. Рекомендована література основна

1. Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства: навчальний посібник / укл.: Е.В. Майструк, І.П. Козярьський, Д.П. Козярьський, 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. Грыщив – 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.