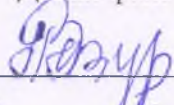


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
Фізичний факультет  
Кафедра прикладної фізики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан фізичного факультету

  
Лазур В.Ю.

«23» травня 2024 року

**Робоча програма навчальної дисципліни**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ**

Освітній рівень: Перший (бакалаврський)  
Галузь знань: 10 Природничі науки  
Спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали  
Освітня програма: Прикладна фізика та наноматеріали  
Статус дисципліни: Вибіркова  
Мова навчання: Українська


Ужгород 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Технологічні основи електроніки» для здобувачів вищої освіти галузі знань №10 «Природничі науки» спеціальності №105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньо - професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», 2024 р. – 12 с.

Розробник: к.ф.-м.н., Поп М.М.


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол № 11 від « 25 » квітня 2024 р.

Завідувач кафедри прикладної фізики  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від « 7 » травня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Рубіш В.В.

© \_\_\_\_\_, 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

4 семестр

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 120	2-й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 4 самостійної роботи студентів – 4	2-й	
	Лекції	
	36 год.	
	Практичні (семінарські)	
	-	
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні	
	24 год.	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	60 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60 /60

для заочної форми навчання – відсутня

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою викладання дисципліни «Технологічні основи електроніки» є підготовка студентів в галузі розробки нових прогресивних технологічних процесів у напівпровідниковій електроніці, напрямлених на виробництво сучасних напівпровідникових виробів, зокрема, монолітних, тонкоплівкових інтегральних схем, а також мікромініатюрних функціональних дискретних приладів і пристроїв.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- **загальні компетенції (ЗК):**. здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 2); навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 5); здатність до проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК 6); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7); навички міжособистісної взаємодії (ЗК 8); здатність працювати автономно (ЗК 9); навички здійснення безпечної діяльності (ЗК 10).

- **фахові компетенції (ФК):** здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів (ФК1); здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів (ФК 2); здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження (ФК 3); здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок (ФК 4); здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК 5); здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (ФК 6); здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності (ФК 7); здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах (ФК 8).

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Технологічні основи електроніки» є опанування таких навчальних дисциплін: «Наукові, аналітичні та екологічні прилади», «Основи мікропроцесорної техніки», «Фізика сенсорів та їх метрологічне забезпечення», «Основи архітектури комп'ютерів».

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Технологічні основи електроніки» вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	ПРН1
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження	ПРН4

фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики	ПРН5
Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.	ПРН6
Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики	ПРН7
Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію	ПРН9
Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.	ПРН12
Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проектів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проектів	ПРН13

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Технологічні основи електроніки»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати і розуміти сучасну електроніку на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	ПРН1
Знати застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження матеріалів для електроніки.	ПРН3
Знати застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки електронних приладів і наукоємних технологій.	ПРН4
Знати методи обробки отриманих даних при дослідженні матеріалів для електроніки	ПРН5
Вміти відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах та інших джерелах інформації	ПРН6
Вміти здійснювати аналіз, інтерпретацію науково-технічної інформації класифікацію в галузі електроніки та її класифікацію	ПРН7
Вміти визначити найбільш перспективний сегмент ринку наукової продукції та оцінити місткість ринку	ПРН7
Вміти презентувати результати досліджень на ринку наукової продукції	ПРН9
Розуміти закономірності розвитку сучасної електроніки, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.	ПРН12
Вміти оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати пов'язані з реалізацією наукового проекту у сфері прикладної фізики	ПРН13

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік. До заліку допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань;
- підсумкового семестрового контролю знань – екзамен.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					60	100
10	10	10	10						

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					60	100
10	10	10	10						

T1, T2, T3, T4 – теми

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	-	-	-	-
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	-1	10	-1	10
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні	-	-	-	-
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	20	1	20
Презентація	-	-	-	-
Реферат	-	-	-	-
Есе	-	-	-	-
...	-	-	-	-
Модульна контрольна робота	1	70	1	70
<b>Разом</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>2</b>	<b>100</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Технологічні основи електроніки» здійснюється у виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: «зараховано», «незараховано».

Підсумкова оцінка «зараховано»/«незараховано» визначається наступними критеріями:

- оцінка «зараховано» виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, демонструє вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, демонструє здатність до мислення, кваліфіковано використовує набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

- оцінка «незараховано» виставляється тоді, коли студент не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
80-89	зараховано	B	добре
65-79	зараховано	C	добре
55-64	зараховано	D	задовільно
50-54	зараховано	E	задовільно
35-49	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено залік, заносяться до залікової відомості.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### **Модуль 1. Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення мікросхем.**

Основні поняття та визначення. Класифікація технологічних процесів. Мікроклімат та виробнича гігієна. Формування структури напівпровідникових мікросхем. Вимоги до кремнієвих пластин. Елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем. Послідовність виготовлення напівпровідникових мікросхем. Схема технологічного процесу. Легування напівпровідників. Фізичні основи процесу термічної дифузії. Практичні способи проведення дифузії. Методи вивчення характеристик дифузійних шарів. Фізичні основи процесу іонної імплантації. Практичні методи проведення іонної імплантації. Епітаксія. Автоепітаксія кремнію хлориним та силановим методами. Молекулярно-променева епітаксія. Літографія. Загальна характеристика фотолітографічного процесу. Фоторезисти. Технологія фотолітографічного процесу. Фотошаблони та методи їх використання. Електролітографія. Рентгенівська літографія. Іонна літографія.

#### **Модуль 2. Технологія гібридних інтегральних мікросхем. Складання мікросхем.**

Технологія тонкоплівкових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів. Технологія товстоплівкових інтегральних мікросхем. Паста для товстоплівкових пасивних елементів. Трафаретний друк та впалювання елементів. Підгонка товстоплівкових резисторів та конденсаторів. Методи та етапи складання. Розділення пластин та підкладок. Монтаж навісних компонентів та плат. Приєднання зовнішніх виводів. Складання мікросхем на стрічкових носіях. Корпуси для інтегральних мікросхем та напівпровідникових приладів. Герметизація мікросхем.

### 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин - 120					
	Форма навчання: денна					
	Усього 120	у тому числі				
Лекції 36		практичні (семінарські)	Лабораторні 24	індивідуальна робота	самостійна робота 60	
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Основні поняття та визначення. Класифікація технологічних процесів. Формування структури напівпровідникових мікросхем. Вимоги до кремнієвих пластин. Елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем.	11	4				7
Тема 2. Послідовність виготовлення напівпровідникових мікросхем. Схема технологічного процесу. Легування напівпровідників. Фізичні основи процесу	17	4		6		7

термічної дифузії. Практичні способи проведення дифузії.						
Тема 3. Методи вивчення характеристик дифузійних шарів. Фізичні основи процесу іонної імплантації. Практичні методи проведення іонної імплантації. Епітаксія. Автоепітаксія кремнію хлориним та силановим методами. Літографія. Загальна характеристика фотолітографічного процесу.	15	4		3		8
Тема 4. Фоторезисти. Технологія фотолітографічного процесу. Фотошаблони та методи їх використання. Електронолітографія. Рентгенівська літографія. Іонна літографія.	15	4		3		8
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	60	18		12		30
<b>Модуль 2</b>						
Тема 1. Технологія тонкоплівкових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів.	17	6		3		8
Тема 2. Технологія товстоплівкових інтегральних мікросхем. Паста для товстоплівкових пасивних елементів. Трафаретний друк та впалювання елементів. Підгонка товстоплівкових резисторів та конденсаторів.	16	5		3		8
Тема 3. Методи та етапи складання. Розділення пластин та підкладок. Монтаж навісних компонентів та плат. Приєднання зовнішніх виводів.	13	3		3		7
Тема 4. Складання мікросхем на стрічкових носіях. Корпуси для інтегральних мікросхем та напівпровідникових приладів. Герметизація мікросхем.	12	2		3		7
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	60	18		12		30

### 6.3. Тематичний план лабораторних занять.

Лабораторні роботи проводяться у вигляді практичної виконання завдання лабораторної роботи на ПК з попереднім теоретичним опитування самостійним виконанням ходу роботи, оформлення протоколу в електронному і текстовому вигляді із заключним захистом результатів роботи і протоколу роботи.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	<b>Лабораторна робота №1.</b> Вакуумні методи одержання тонких плівок.	3	
2.	<b>Лабораторна робота №2.</b> Дослідження епітаксiального росту тонких металевих плівок.	3	
3.	<b>Лабораторна робота №3.</b> Вивчення законів електролізу та	3	

	електролітів для одержання металевих плівок.		
4.	<b>Лабораторна робота №4.</b> Ультразвукове очищення підкладок для виготовлення інтегральних мікросхем та друкованих плат.	3	
5.	<b>Лабораторна робота №5.</b> Спектральні методи дослідження оптичних властивостей нанорозмірних плівок з використанням ґраткового монохроматора.	3	
6.	<b>Лабораторна робота №6.</b> Еліпсометричні дослідження нанорозмірних плівок. Побудова моделей для розрахунку оптичних параметрів.	3	
7.	<b>Лабораторна робота №7.</b> Дослідження спектрів пропускання та поглинання тонких плівок з використанням ІЧ-спектрометра. Аналіз отриманих результатів.	3	
8.	<b>Лабораторна робота №8.</b> Дослідження кристалічних та некристалічних речовин методом спектроскопії комбінаційного розсіювання.	3	
<b>Разом</b>		<b>24</b>	-

### 6.3. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Мікроклімат та виробнича гігієна.	5	
2.	Вимоги до кремнієвих пластин.	5	
3.	Фізичні основи процесу термічної дифузії.	5	
4.	Практичні способи проведення дифузії.	5	
5.	Молекулярно-променева епітаксія.	5	
6.	Основні технологічні властивості фоторезистів. Механізми хімічних перетворень в фоторезистах.	5	
7.	Топологічні реалізації МДН – транзисторів	5	
8.	Різновиди методів діелектричної ізоляції елементів інтегральних багатошарових мікросхем	5	
9.	Методи і технологія формування рисунку тонкоплівкових елементів	5	
10.	Загальна характеристика і основні параметри ВІС. Класифікація і області застосування ВІС	5	
11.	Методи контролю якості і оцінки надійності ІМС	5	
12.	Літографічні методи, що застосовуються в нанотехнологіях.	5	
<b>Разом</b>		<b>60</b>	

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Office,

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

1. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю.Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А.Лукіянець та ін. – Львів: Бескид Біт, 2004. -362 с.
2. Кравченко Ю. С. Вакуумна та плазмова електроніка. Вакуумна електроніка : навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2010. -348 с.
3. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Напівпровідникові діоди. -Вінниця: Універсум-Вінниця, 2002. -162 с.
4. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Транзистори. -Вінниця: Універсум-Вінниця, 2003. - 208 с. Поджаренко В.О., Кучерук В.Д., Марущак В.Ю. Основи цифрової техніки. – Вінниця, ВДТУ, 2000.-132 с.
5. Азаров О.Д., Бойко В.В., Обертюх М.Р. Комп'ютерна електроніка. Елементи цифрових схем.- Вінниця, ВДТУ, 2003.-225 с.
6. Рябецький В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифрова схемотехніка. – К.: Новий світ – 2000, 2009. -241 с.
7. Технологічні основи електроніки: Навчальний посібник / Г.О.Сукач, В.В.Кідалов (за ред. професора Г.О.Сукача).- Донецьк: Юго-Восток, 2011. –150 с.
8. Ю. М. Калниболоцкий и др. Расчет и конструирование микросхем.— Киев: Вища школа, Головное изд., 1983.- 279 с.