

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Інститут високих технологій**

Кафедра нанофізики конденсованих середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник директора  
з науково-педагогічної роботи  
Галина ГРАБЧУК  
« 26 » березня 2021 року  
Григорук 29

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ТВЕРДОТІЛЬНА МІКРО ТА НАНОТЕХНОЛОГІЯ  
для студентів**

галузь знань №16 «Хімічна та біоінженерія»  
спеціальність №162 «Біотехнології та біоінженерія»  
освітній рівень Магістр  
освітня програма «Високі технології (Біотехнологія)»  
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	3.0
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Вербицький В. Г.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

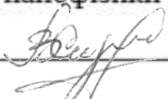
**КИЇВ – 2021**

Розробники:

Вербицький Володимир Григорович, професор кафедри нанофізики конденсованих середовищ  
Шкавро Анатолій Григорович, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри нанофізики конденсованих середовищ

 Валерій СКРИШЕВСЬКИЙ

Протокол № 8 від «26» лютого 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від «05» березня 2021 року №3

Голова науково-методичної комісії  Наталя РУСІНЧУК

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – вивчення сучасних технологічних процесів виготовлення матеріалів та структур мікто та наноелектроніки, ознайомлення з проблемою надійності в електроніці, основними механізмами деградації та відмов, методами оцінки та прогнозування надійності матеріалів та структур в електроніці.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. Мати базові знання з вищої математики та математичної фізики, теорії ймовірності, хімії, фізики напівпровідників, напівпровідникових приладів, напівпровідникової електроніки.
2. Вміти записувати та розв'язувати диференціальні рівняння, що описують процеси взаємної дифузії та реакції в напівпровідниках та на границі з напівпровідників з іншими речовинами.
3. Володіти елементарними навичками математичного моделювання, роботи з вимірними приладами, обробки експериментальних даних.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Предметом навчальної дисципліни є принципи організації, побудови та функціонування цифрових радіоелектронних пристроїв, мікроконтролерів, оптоелектронних та акустоелектронних приладів, показники надійності, фактори ненадійності, фізико-хімічні процеси деградації та відмов, методи визначення, прогнозування та покращення надійності матеріалів та виробів електроніки.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Навчання дисципліні має на меті розвинути у студентів такі компетентності:

K01. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

K02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K05. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

K08. Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах.

K09. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

K20. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових і прикладних досліджень, готувати наукові публікації, брати участь у наукових конференціях та інших заходах.

K23. Здатність розробляти/застосовувати комбіновані біотехнології за допомогою міждисциплінарних підходів, зокрема, з використанням технологій матеріалознавства та хімічних технологій.

K25. Розуміння принципів роботи сучасних біоаналітичних технологій та технологічних підходів до створення біосенсорів.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні технологічні процеси виготовлення інтегральних схем (від вирощування монокристалів кремнію до герметизації мікросхем)	Лекції, практичні	Модульна контрольна робота: 1 запитання	5%
1.2	Знати топологію пасивних та активних елементів біполярних та уніполярних інтегральних схем.	Лекції, практичні	Модульна контрольна робота: 2-3 запитання	10%

1.3	Знати основи організації процесу промислового виробництва матеріалів електроніки та інтегральних схем.	Лекції, практичні	Модульна контрольна робота: 4-5 запитання	10%
1.4	Знати основні параметри якості та надійності виробів електроніки, основні методи їх визначання, прогнозування та шляхи покращення.	Лекції, практичні	Доповідь під час інтерактивних лекцій: зміст	7%
2.1	Вміти розробляти топологію простих електронних схем, скласти технологічну карту їх виготовлення, вимірювати параметри та характеристики матеріалів, тестових структур та готових виробів.	Практичні заняття, самостійна робота студента	Семестрова робота студента: опис результатів	32%
3.1	Вміти представляти та доповідати результати досліджень характеристик матеріалів та структур електроніки, параметрів якості та надійності виробів.	Практичні заняття, самостійна робота студента	Доповідь під час інтерактивних лекцій: якість представлення	5%
4.1	Визначати зв'язок між характеристиками вхідних матеріалів та технологією виготовлення виробу електроніки з характеристиками його якості та надійності.	Практичні заняття, самостійна робота студента	Семестрова робота студента: обґрунтування методів  Розв'язання задачі на модульній контрольній роботі	16%  15%

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
<b>Програмні результати навчання</b>							
ПР03. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проектно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу			+				
ПР11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами, обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, інновації та/або управління виробництвом і біотехнології.	+	+	+	+	+	+	+
ПР18. Знаходити необхідну інформацію у науковій та довідниковій літературі, електронних базах, інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.					+		+
ПР19. Оцінювати актуальність досліджуваних наукових проблем, придатність відомих наукових методів для їх дослідження на основі аналізу наявних даних та публікацій у провідних виданнях.					+		+
ПР25. Застосовувати сучасні технології матеріалознавства та хімічні технології для розробки/використання новітніх комбінованих біотехнологій.	+	+	+	+	+	+	+
ПР27. Розуміти принципи роботи сучасних біоаналітичних технологій та технологічні підходи до створення біосенсорів.	+	+	+	+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 5-9. Після завершення відповідних тем проводяться дві письмові модульні контрольні роботи. Оцінка за модуль складається з оцінки за контрольну роботу та оцінки за самостійну роботу та роботу на лекціях та семінарах. Обов'язковим для допуску до заліку необхідно отримати не менше 60% балів за кожен з модулів.

**- підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Завдання на залік складається із 3 обов’язкових та 1 додаткового питання. Письмова відповідь на кожне обов’язкове питання оцінюється від 0 до 10 балів. Усна відповідь на додаткове питання також оцінюється з 10 балів. В разі високої семестрової оцінки та оцінки за обов’язкові питання замість неї може бути використана усереднена оцінка за обов’язкові питання та модулі. Всього на заліку можна отримати до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому бали за результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня (15 і 5 балів відповідно), сума балів на заліку не може бути меншою за 24.

**- умови допуску до заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум 36 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 36 балів, для одержання допуску до заліку обов’язково повинні написати на необхідну кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом лекцій, підготувати додаткову презентацію та надати виконані домашні завдання.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

**7.2. Організація оцінювання (обов’язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтованого графіку оцінювання):**

*Оцінювання за формами контролю:*

	<b>ЗМ1</b>		<b>ЗМ2</b>	
	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>
Модульна контрольна робота 1	9	16		
Робота на практичних заняттях та самостійна робота	5	8		
Модульна контрольна робота 2			6	10
Робота на практичних заняттях та самостійна робота			4	6

*Орієнтований графік оцінювання:*

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання</i>
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	кінець листопада-початок грудня
Виконання студентами самостійних робіт	початок грудня
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	грудень
залік	друга половина грудня

*Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі заліку:*

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Практичні заняття	Залік	Підсумкова оцінка

<i>Мінімум</i>	<i>14</i>	<i>10</i>	<i>12</i>	<i>24</i>	<i>60</i>
<b>Максимум</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	Лекції	Практичні	Самостійна робота
1	<b>Тема 1.</b> Вступ. Лінійні інтегральні схеми, конструкція та технологія виготовлення.	2	0.5	2
2	<b>Тема 2.</b> Прилади з зарядовим зв'язком, функціональні можливості, приклади використання	2	0.5	4
3	<b>Тема 3.</b> Інтегральні схеми з надвеликою інформаційною ємністю. Актуальні проблеми технології, схемотехніки, забезпечення якості і надійності.	2	1	6
4	<b>Тема 4.</b> Прилади на ефекті Ганна. НВЧ електроніка. Конструктивні особливості та області використання.	2	1	6
5	<b>Тема 5.</b> Кріоелектроніка, функціональні пристрої, принципи дії та особливості використання.	2	1	6
6	<b>Тема 6.</b> Оптоелектроніка та функціональні пристрої: перетворювачі, приймально-передавальні пристрої, принцип дії та технологія виготовлення. Основні характеристики. Сучасний стан справи, технологія виготовлення та конструкції.	2	1	6
7	<b>Тема 7.</b> Актуальні проблеми технології ІС (маршрут виготовлення, технологічні режими, обладнання).. Аналітичні методи дослідження функціональних шарів і структур елементів	2	1	6
8	<b>Модульна контрольна 1.</b>	2		
9	<b>Тема 8.</b> Поняття якості та надійності виробів електроніки. Фактори, що впливають на вихід придатних ІС: Технологічні фактори. Фактори проектування схем. Точкові дефекти. Шляхи підвищення виходу придатних кристалів.	1	1	6
10	<b>Тема 8.</b> Загальні поняття та терміни надійності. Кількісні показники надійності. Закони розподілу випадкових величин. Методи оцінки та прогнозування надійності.	1	1	6
11	<b>Тема 9.</b> Види відмов. Фактори ненадійності та причини відмов. Види випробувань. Експериментальні методи аналізу якості, браку та відмов виробів. Тестові структури	2	1	6
12	<b>Тема 10.</b> Відмови дротяних виводів та їх з'єднання з контактними майданчиками. Відмови металізації ІС. Процеси деградації у ІС з багатошаровою металізацією. Механізми	2	1	6

	деградації та відмов дискретних приладів. Аудифузія в контакт метал-GaAs			
13	<b>Модульна контрольна 2.</b>	2		
14	<b>Всього</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>60</b>

**Загальний обсяг 90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **20 год**,

Практичних – **10 год**.

Самостійна робота - **60 год**.

## Перелік рекомендованої літератури

### Основна література

1. С.М. Павлов · Основи мікроелектроніки : навчальний посібник / С. М. Павлов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 224с.
2. Н.М.Прищепа, В.П.Погребняк, Мікроелектроніка ч.1, Елементи мікроелектроніки. – К. Вища школа, 2004 р., - 431 с.
3. Н.М.Прищепа, В.П.Погребняк, Мікроелектроніка ч.2, Елементи мікроелектроніки. – К. Вища школа, 2006 р., - 503 с.
4. О. В. Борисов, Ю. І. Якименко, Твердотільна електроніка. - К. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. -483 с.
5. Г.М.Младенов, В.М, Спивак, Е.Г. Колева, А.В. Богдан Нанoeлектроника. Введение в нанoeлектронные технологии. Киев – София, 2010. - 327 с.
6. Г.Находкин, Д.І.Шека. Фізичні основи мікро та нанoeлектроніки. К.: ВПЦ Київський університет, 2005 р., 431 с.
7. С.М.Зи Физика полупроводниковых приборов. – Москва: Мир, 1984, -т.1 – 453 с., т. 2 – 455 с.
8. С.М.Зи Технология СБИС. – Москва: Мир, 1986, -т.1 – 404 с., т.2 – 453 с.
9. Надежность электронных элементов и схем / Под ред. С.И.Шнайдера. - М., 1977.
10. Стриха В.И., Бузанева Е.В. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике. - М., 1987.

### Додаткова література до модулів І-ІІІ

1. З.Готра, І.Григорчак, Б.Лукіянець, В.Махній, С.Павлов, Л.Політанський, Є.Потенські. Субмікронні та нанорозмірні структури електроніки. – Чернівці – 2014. -839 с. [Електронний ресурс][http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2018/Gotra\\_Nanoelektron\\_2014\\_839.pdf](http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2018/Gotra_Nanoelektron_2014_839.pdf)
2. Осинский В.И., Вербицкий В.Г., Зонная инженерия: ионная реализация виртуальных гетероразмерных структур нанoeлектроніки. Оптоелектронні інформаційно-енергетичні технології. 2001 г., №1, с.169.
3. В.Г.Вербицкий. Ионные нанотехнологии в электронике. – К. – 2002 г. -376 с.
4. Заячук, Д. М. Нанотехнології і наноструктури : навчальний посібник / Д. М. Заячук ; МОН України, НУ "Львівська політехніка". - Л. : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2009. - 580 с.
5. Афтандіянц, Є. Г. Наноматеріалознавство : підручник / Є. Г. Афтандіянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. - Перше вид. - Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. - 550 с.
6. Назаров, О. М. Наноструктури та нанотехнології : навчальний посібник / О. М. Назаров, М. М. Нищенко ; МОНМС України, НАУ. - Київ : НАУ, 2012. - 248 с.
7. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем. - М., 1988.
8. Осадчук, В. С. Фізична нанoeлектроніка : навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В.

- Осадчук ; ВНТУ. - Вінниця : ВНТУ, 2015. - 146 с
9. Тернавский, А. И. Биологические структуры как компоненты наукоемных технологий в наноразмерном диапазоне : учебно-метод. пособие / А. И. Тернавский. - К. : Знання України, 2013. - 139 с.
  10. С.П.Новосядний, Р.М.Іванюк Підвищення теплостійкості і багат шарової металізації субмікронних структур ВІС. Фізика і хімія твердого тіла, Т. 8, № 4 (2007) с. 850-855.
  11. Г.І.Воробець, М.М.Воробець, Т.А.Мельнічук, А.Г.Шкавро Структурні зміни плівок Al, SiO<sub>2</sub>, Si внаслідок старіння після імпульсного фотонного опромінення та їх вплив на характеристики контактів Al-n-Si з бар'єром Шоттки Фізика і хімія твердого тіла т. 6, № 1 (2005) с. 165-169