

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Директор Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

_____ Н.Г. Метеленко
(підпис) (ініціали та прізвище)
« _____ » _____ 202 р.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОПОВЕРХОНЬ
РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки бакалавра
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності **153 Мікро- та наносистемна техніка**
освітньо-професійна програма «Мікро- та наносистемна техніка»

Укладач **Світанько М.В.** кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри
електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного
забезпечення

Протокол № від “ _____ ” _____ 202_ р.
Завідувач кафедри

_____ Т.В. Критська
(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

Протокол № від “ _____ ” _____ 202 р.
Голова науково-методичної ради
Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

_____ Т.А. Шарапова
(підпис) (ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

2022 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 15 "Автоматизація та прилодобудування"	Кількість кредитів – 5	Вибіркова	
		Цикл дисциплін професійної підготовки спеціальності	
Спеціальність 153 "Мікро- та наносистемна техніка"	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		8 -й	8 -й
Освітньо-професійна програма Мікро- та наносистемна техніка	Змістових модулів – 8	Лекції	
		14 год.	4 год.
		Лабораторні	
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 17	14 год.	2 год.
		Практичні	
		Самостійна робота	
		122 год.	144 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Методи дослідження наноповітрянок» є засвоєння студентами чітких уявлень про теоретичні та практичні основи процесів, які протікають на поверхні напівпровідникових структур та експериментальних методів їх досліджень.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Методи дослідження наноповітрянок» є:

- ознайомити здобувачів із основними методами формування поверхні напівпровідникових кристалів та сполук;
- ознайомити здобувачів із існуючими методами дослідження поверхні напівпровідника та методами практичних розрахунків;
- сформуванню у здобувачів навички по моделюванню експерименту дослідження стану малорозмірних поверхні;
- надати здобувачам знань в області проектування сучасної спеціалізованої апаратури, що використовується для експериментальних досліджень наноповітрянок.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК4. Здатність спілкуватися іноземними мовами.</p> <p>ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК8. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>ЗК9. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.</p> <p>ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>ЗК12. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p>ЗК13. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.</p> <p>ЗК14. Здатність зберігати та примножувати</p>	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником).</p> <p>Практичні методи (практичні лабораторні завдання, контрольні заходи, складання схем).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).</p>

<p>моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p>	
<p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:</p> <p>СК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>СК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>СК3. Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>СК4. Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>СК5. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.</p> <p>СК6. Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів геліоенергетики, приладів фізичного та біомедичного призначення.</p> <p>СК7. Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації.</p> <p>СК8. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів мікро- та наносистемної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем.</p> <p>СК9. Здатність застосовувати на практиці галузеві стандарти та стандарти якості щодо мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>СК10. Здатність розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання.</p> <p>СК11. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на ефективність та результати інженерної діяльності в галузі мікро- та наносистемної електронної техніки.</p>	<p>Методи:</p> <p>Дослідницький (самостійна робота, проекти).</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Практичні методи (розрахункові завдання, лабораторні роботи, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).</p>

<p>Програмні результати навчання:</p> <p>P1. Застосовувати знання принципів дії пристроїв і систем мікро- та наносистемної техніки при їхньому проектуванні та експлуатації.</p> <p>P2. Застосовувати знання і розуміння математичних методів для розв'язання теоретичних і прикладних задач мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>P3. Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>P6. Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.</p> <p>P7. Досліджувати характеристики і параметри мікро- та наносистемної техніки, приладів фізичної та біомедичної електроніки з урахуванням цілей дослідження, вимог та специфіки вибраних технічних засобів</p> <p>P8. Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.</p> <p>P11. Організовувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.</p> <p>P12. Аналізувати нормативно-правові засади впровадження мікро- та наносистемної техніки; оцінювати переваги інженерних розробок, їх екологічність та безпечність.</p> <p>P13. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань з дотриманням норм сучасної української ділової та професійної мови.</p> <p>P14. Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення.</p> <p>P15. Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань.</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю (усний, письмовий, програмований).</p> <p>Контрольні заходи:</p> <ul style="list-style-type: none"> теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання лабораторної роботи; підсукове розрахункове завдання; підсумкове тестування.
---	---

Міждисциплінарні зв'язки. Дисципліна «Методи дослідження наноповерхонь» є спеціалізованою компонентою в циклі дисциплін професійної підготовки спеціальності. Дисципліна є однією із складових вибіркового циклу. Логічним продовженням дисципліни є освітні компоненти ППН16 (Виробнича (переддипломна) практика), ППН17 (Кваліфікаційна робота бакалавра).

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Класифікація кристалів та наноматеріалів

Кристали. Рідкі кристали. Біологічні кристали. Ниткоподібні кристали. Класифікація за агрегатним станом. Класифікація за розмірами. Класифікація за мірністю. Основні типи дефектів в кристалах.

Змістовий модуль 2. Основи фізики поверхні напівпровідників

Поверхневі енергетичні стани. Адсорбція. Швидкі та повільні стани. Чистота поверхні.

Змістовий модуль 3. Фізико-хімічні методи обробки поверхні

Хіміко-механічне полірування. Методи хімічного травлення. Хімічне полірування. Полірувальні травники. Полірувальне травлення кремнію у парогазових сумішах.

Змістовий модуль 4. Методи очищення поверхні

Види забруднень поверхонь. Очищення поверхні пластин рідинами. Відмивання водою. Очищення поверхонь перед епітаксією, окисненням, фотолітографією, дифузійно-оксидними операціями. Фінішне очищення. Очищення діелектричних підкладок. Сухе очищення і травлення. Термообробка. Газове травлення. Гетерування домішок у дефектів.

Змістовий модуль 5. Методи контролю параметрів поверхні підкладок

Контроль параметрів підкладок і порушеного шару монокристалів. Контроль технологічних середовищ. Контроль чистоти поверхні підкладок.

Змістовий модуль 6. Методи контролю поверхні твердого тіла

Діагностика великих ділянок поверхні. Електронний мікроскоп. Рентгенівський аналіз кристалів. Дифракція електронного пучка. Оже-спектроскопія. Іонна спектроскопія. Лазерна спектроскопія.

Змістовий модуль 7. Сканувальна зондова мікроскопія

Сканувальні зондові мікроскопи. Сканувальна тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Напівконтактний метод. Магніто-силова мікроскопія. Електростатична силова та ємнісна мікроскопія. Термічна мікроскопія.

Змістовий модуль 8. Зондові технології

СТМ-нанотехнології. АСМ-нанотехнології. Технічна реалізація зондових технологій. Нанолітографія. Зондове окиснення.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години								Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні Заняття, год		Лабораторні заняття, год		Практ. заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Лаб. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
		о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.				
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	15	4	1	2	1	2				11	14	4	4		8
2	15	4	1	2		2	1			11	14	4	4		8
3	15	4	1	2	1	2				11	14	4	4		8
4	15	4		2		2				11	15	4	4		8
5	15	4	1	2	1	2				11	14	4	4		8
6	15	4	1	2		2	1			11	14	4	4		8
7	15	3	1	1	1	2				12	14	3	6		9
8	15	1		1						14	15	3			3
Усього за змістові модулі	120	28	6	14	4	14	2			92	114	30	30		60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30									30	30	20		20	40
Загалом		150								100					

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Кристали. Рідкі кристали. Біологічні кристали. Ниткоподібні кристали.	1	
1	Класифікація за агрегатним станом. Класифікація за розмірами. Класифікація за мірністю. Основні типи дефектів в кристалах.	1	1
2	Поверхневі енергетичні стани. Адсорбція. Швидкі та повільні стани.	1	
2	Чистота поверхні.	1	
3	Хіміко-механічне полірування. Методи хімічного травлення.	1	
3	Хімічне полірування. Полірувальні травники. Полірувальне травлення кремнію у парогазових сумішах.	1	1
4	Види забруднень поверхонь. Очищення поверхні пластин рідинами. Відмивання водою. Очищення поверхонь перед епітаксією, окисненням, фотолітографією, дифузійно-оксидними операціями. Фінішне очищення.	1	
4	Очищення діелектричних підкладок. Сухе очищення і травлення. Термообробка. Газове травлення. Гетерування домішок у дефектів.	1	
5	Контроль параметрів підкладок і порушеного шару монокристалів. Контроль технологічних середовищ.	1	1
5	Контроль чистоти поверхні підкладок.	1	
6	Діагностика великих ділянок поверхні. Електронний мікроскоп. Рентгенівський аналіз кристалів. Дифракція електронного пучка.	1	
6	Оже-спектроскопія. Іонна спектроскопія. Лазерна спектроскопія.	1	
7	Сканувальні зондові мікроскопи. Сканувальна тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Напівконтактний метод. Магніто-силова мікроскопія. Електростатична силова та ємнісна мікроскопія. Термічна мікроскопія.	1	1
8	СТМ-нанотехнології. АСМ-нанотехнології. Технічна реалізація зондових технологій. Нанолітографія. Зондове окиснення.	1	
Разом		14	4

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Дослідження дефектів оптичним методом	2	
2	Дослідження поверхневих рівнів напівпровідникової структури за допомогою вольт-амперної характеристики МДН транзистора	2	1
3	Дослідження простих та складних речовин, які використовуються в мікроелектроніці та нанотехнологіях	2	
4	Дослідження способів деіонізації води для використання в мікроелектроніці та нанотехнологіях	2	
5	Дослідження якості поверхні методом люмінесценції	2	1
6	Дослідження дифракції рентгенівських променів	2	
7	Дослідження шорхуватості поверхні зондовим методом	2	
8			
Разом		14	2

7. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
Разом			

8. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Класифікація кристалів та наноматеріалів» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Кристали. Рідкі кристали. Біологічні кристали. Ниткоподібні кристали. Класифікація за агрегатним станом. Класифікація за розмірами. Класифікація за мірністю. Основні типи дефектів в кристалах.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження дефектів оптичним методом»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали; 4) завдання виконано, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	4
Усього за ЗМ 1	2			8
2	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Основи фізики поверхні напівпровідників» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Поверхневі енергетичні стани. Адсорбція. Швидкі та повільні стани. Чистота поверхні.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження поверхневих рівнів напівпровідникової структури за допомогою вольт-амперної характеристики МДН транзистора»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали;	4

			4) завдання виконено, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	
Усього за ЗМ 2	2			8
3	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Фізико-хімічні методи обробки поверхні» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Хіміко-механічне полірування. Методи хімічного травлення. Хімічне полірування. Полірувальні травники. Полірувальне травлення кремнію у парогазових сумішах.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження простих та складних речовин, які використовуються в мікроелектроніці та нанотехнологіях»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали; 4) завдання виконено, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	4
Усього за ЗМ 3	2			8
4	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Методи очищення поверхні» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Види забруднень поверхонь. Очищення поверхні пластин рідинами. Відмивання водою. Очищення поверхонь перед епітаксією, окисненням, фотолітографією, дифузійно-оксидними операціями. Фінішне очищення. Очищення діелектричних підкладок. Сухе очищення і травлення. Термообробка. Газове травлення. Гетерування домішок у дефектів.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження способів деіонізації води для використання в мікроелектроніці та нанотехнологіях»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає	4

		завантаження – не більше 5 Мб)	стандартам – 2 бали; 4) завдання виконено, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	
Усього за ЗМ 4	2			8
5	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Методи контролю параметрів поверхні підкладок» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Контроль параметрів підкладок і порушеного шару монокристалів. Контроль технологічних середовищ. Контроль чистоти поверхні підкладок.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження якості поверхні методом люмінісценції»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали; 4) завдання виконено, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	4
Усього за ЗМ 5	2			8
6	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Методи контролю поверхні твердого тіла» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Діагностика великих ділянок поверхні. Електронний мікроскоп. Рентгенівський аналіз кристалів. Дифракція електронного пучка. Оже-спектроскопія. Іонна спектроскопія. Лазерна спектроскопія.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження дифракції рентгенівських променів»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має помилки – 3 бали; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали; 4) завдання виконено, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 5) завдання не виконане - 0 балів;	4

Усього за ЗМ 6	2			8
7	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Сканувальна зондова мікроскопія» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Сканувальні зондові мікроскопи. Сканувальна тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Напівконтактний метод. Магніто-силова мікроскопія. Електростатична силова та ємнісна мікроскопія. Термічна мікроскопія.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 3. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	3
	Практичне завдання - Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження шорхуватості поверхні зондовим методом»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 6 балів; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, має несуттєві помилки – 5 балів; 3) оформлення звіту відповідає стандартам, має суттєві помилки – 4 бали; 4) оформлення звіту має відмінність від стандартів, має несуттєві помилки – 3 бали; 5) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 2 бали; 6) завдання виконано, оформлення звіту відсутнє – 1 бал 7) завдання не виконане - 0 балів;	6
Усього за ЗМ 7	2			9
8	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Зондові технології» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: СТМ-нанотехнології. АСМ-нанотехнології. Технічна реалізація зондових технологій. Нанолітографія. Зондове окиснення.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 3. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	3
Усього за ЗМ 8	1			3
Усього за змістові модулі	17			60

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Теоретичне завдання: контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів (<i>тест в Moodle</i>)	<p>Кристали. Рідкі кристали. Біологічні кристали. Ниткоподібні кристали. Класифікація за агрегатним станом. Класифікація за розмірами. Класифікація за мірністю. Основні типи дефектів в кристалах.</p> <p>Поверхневі енергетичні стани. Адсорбція. Швидкі та повільні стани. Чистота поверхні.</p> <p>Хіміко-механічне полірування. Методи хімічного травлення. Хімічне полірування. Полірувальні травники. Полірувальне травлення кремнію у парогазових сумішах.</p> <p>Види забруднень поверхонь. Очищення поверхні пластин рідинами. Відмивання водою. Очищення поверхонь перед епітаксією, окисненням, фотолітографією, дифузійно-оксидними операціями. Фінішне очищення. Очищення діелектричних підкладок. Сухе очищення і травлення. Термообробка. Газове травлення. Гетерування домішок у дефектів.</p> <p>Контроль параметрів підкладок і порушеного шару монокристалів. Контроль технологічних середовищ. Контроль чистоти поверхні підкладок.</p> <p>Діагностика великих ділянок поверхні. Електронний мікроскоп. Рентгенівський аналіз кристалів. Дифракція електронного пучка. Оже-спектроскопія. Іонна спектроскопія. Лазерна спектроскопія.</p> <p>Сканувальні зондові мікроскопи. Сканувальна тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Напівконтактний метод. Магніто-силова</p>	<p>Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно.</p> <p>Кількість питань – 10.</p> <p>Правильна відповідь оцінюється у 2 бали</p>	20

		мікроскопія. Електростатична силова та ємнісна мікроскопія. Термічна мікроскопія. СТМ-нанотехнології. АСМ-нанотехнології. Технічна реалізація зондових технологій. Нанолітографія. Зондове окиснення.		
	Практичне завдання: Розрахункова задача за матеріалом вивчення курсу	Розрахункова задача, яка передбачає розв'язання комплексної задачі згідно завдання, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 20 балів; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 15 балів; 3) виконано із деяким помилками в аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 10 балів; 4) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 5 балів; 5) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 1 бал; 6) виконано із принциповими помилками, оформлено із невідповідністю до стандартів – 0,5 бали; 7) розв'язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

10. Рекомендована література

Основна:

1. Готра З. Ю. Субмікронні та нанорозмірні структури наноелектроніки. Підручник / З. Ю. Готра, І. І. Григорак, Б. А. Лукіянець, В. П. Махній, С. В. Павлов, Л. Ф. Політанський, Ежи Потенські. Чернівці : Видавництво та друкарня «Технологічний центр». 2014. 839 с.
2. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Т.1, Т.2. Львів : Видавництво Львівська політехніка. 2010.
3. Світанько М. В., Верьовкін Л. Л., Хрипко С. Л. Методи дослідження матеріалів та компонентів мікро- та наноелектронної техніки. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» денної та заочної форм навчання Запоріжжя : 2018. 40 с.
4. Головка О. П., Посунько О.П. Хімія мікро- та нанотехнологій: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів ЗДІА спеціальності 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка» / Головка О. П., Посунько О. П.; Запоріжжя : ЗДІА, 2013. – 40 с.

Додаткова:

1. Младенов Г. М., Спивак В. М., Колева Е. Г., Богдан А. В. Введение в нанозлектронные технологии. Монография. в 2-х книгах. — Киев : София : Аверс 2010. 332 с.
2. Горячко А. М., Кулик С. П., Прокопенко О. В. Основы сканующей зондовой микроскопии та спектроскопии : Навчальний посібник / за ред. С. П. Кулика та О. В. Прокопенка. К. : Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2012. 170 с.
3. Болеста І. М. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник. – Львів : Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 480 с.
4. Вакарчук І. О. Квантова механіка Підручник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 784 с.
5. Висоцький В. І. Атомна та ядерна фізика у прикладах і запитаннях: навчальний посібник / В. І. Висоцький, С. А. Дяченко, Г. Ю. Карлаш, В. С. Овечко, О. В. Прокопенко, Н. П. Харченко; за ред. В. І. Висоцького, В. С. Овечка. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. 511 с.
6. Юхновський І. Р. Основы квантовой механики: Навч. посібник. – 2-ге вид., перероб. і доп. К. : Либідь, 2002. 392 с.
7. Мелков Г. А. Кріогенна електроніка: Навчальний посібник. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. 87 с.
8. Binnig G., Rohrer H. Scanning tunneling microscopy – from birth to adolescence // Reviews of Modern Physics. 1987. Vol. 59, № 3. P. 615-625.
9. Binnig G., Rohrer H., Gerber Ch., Weibel E. Surface studies by scanning tunneling microscopy // Physical Review Letters. 1982. Vol. 49, № 1. P. 57-61.
10. Деркач В. П., Кияшко Г. Ф., Кухарчук М. С. Электроннозондовые устройства. К. : Наукова думка, 1974.
11. Пека Г. П., Стріха В. І. Поверхневі та контактні явища у напівпровідниках. Київ : Либідь, 1992. 240 с.
12. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури. Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. 580с.
13. Заячук Д. М. Низькорозмірні структури і надгратки. Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. 220с.

14. Фодчук І. М., Баловсяк С. В. Діагностика поверхні твердого тіла. Загальний стан проблеми та Хпроменеві методи. Навч. посібник. Чернівці : Рута, 2007. 288с.

15. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Под ред. М.К. Роко, Р.С.Уильямса, П. Аливисатоса. Москва, Мир, 2002. 292с.

Інформаційні ресурси:

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <https://bit.ly/3gtZgB5>
2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://bit.ly/3gxU9Qk>
3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/>
4. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Серія: Радіотехніка URL : <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi51/VNTUUKPIR2021n85/>
5. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології URL : <//ebooks.znu.edu.ua/files/2020/scachano/nnn/nnn2020t18n3/nnn2020t18n3.pdf>
6. AEÜ – International Journal of Electronics and Communications URL : <https://www.journals.elsevier.com/aeu-international-journal-of-electronics-and-communications>.
7. Fundamentals and Properties of Multifunctional Nanomaterials Cambridge : Elsevier, 2021. 622 p. URL : <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks>
8. Composites Part B: Engineering URL : <https://bit.ly/3lyAJOy>
9. International Journal of Solids and Structures URL : <https://bit.ly/3BJDS3O>
10. Optics & Laser Technology URL: <https://bit.ly/3DHwyGt>
11. Physical Communication URL : <https://bit.ly/3oZH4Vg>