


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



ЗАТВЕРДЖУЮ

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


(підпис) Наталія Метеленко
(прізвище, ім'я)

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПОНЕНТІВ
МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ**

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістра

(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 176 Мікро-та наносистемна техніка

(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності _____

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма Мікроелектронні інформаційні системи

(назва)

Укладач /Укладачі: Небеснюк О.Ю., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

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

Протокол № 1 від "28" серпня 2023 р.
Завідувач кафедри


(підпис)

Т.В. Критська
(ініціали, прізвище)

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

Протокол № 1 від "30" серпня 2023 р.
Голова науково-методичної ради


(підпис)

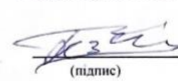
Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Гарант ОП


(підпис)

О.Ю. Небеснюк
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Відповідальний за секцію «Технічні науки»


(підпис)

А.І. Безверхий
(ініціали, прізвище)

2023 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 <u>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</u> (шифр і назва)	Кількість кредитів – 4	Обов'язкова	
		Цикл професійної підготовки спеціальності	
Спеціальність <u>176 Мікро-та наносистемна техніка</u> (шифр і назва)	Загальна кількість годин – 120	Семестр:	
		2-й	2 -й
Освітньо-професійна програма <u>Мікроелектронні інформаційні системи</u> (назва)	Змістових модулів –6	Лекції	
		24 год.	6 год.
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 13	Практичні – 24 год.	Практичні – 6 год.
		Самостійна робота	
		72 год.	108 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни - навчити студентів експериментальним методам виміру параметрів, які є основними для виробничого контролю якості матеріалів і структур, складають основу багатьох методів дослідження напівпровідників та інших перспективних матеріалів, що є базою для створення приладів мікро- та наноелектронної техніки.

Завдання дисципліни – ознайомлення студентів з основними методами вимірювання параметрів напівпровідникових кристалів та сполук, статистичної обробки отриманих результатів, формулювання аналітичних висновків за отриманими результатами вимірювань.

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>Інтегральна компетентність</p> <p>- ІК 1. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі професійної діяльності з мікро- та наносистемної техніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.</p> <p>Загальні компетентності:</p> <p>– ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні.</p>	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (флеш -картки, презентації, схеми, моделі, алгоритми, відео, експеримент).</p> <p>Словесні методи (пояснення, робота з інформаційними джерелами).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, побудова схем).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:</p> <p>– СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення.</p> <p>– СК.2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.</p> <p>– СК 5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.</p>	<p>Методи:</p> <p>Дослідницький (самостійна робота, експеримент, індивідуальні завдання).</p> <p>Наочні методи (презентації, схеми, моделі, алгоритми, відео, експеримент).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, побудова схем).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій, мозковий штурм).</p>
<p>Програмні результати навчання:</p> <p>– Р8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу,</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю</p>

<p>бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.</p> <p>– Р9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>– Р11. Досліджувати процеси у мікро- та нанoeлектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.</p> <p>– Р12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.</p> <p>– Р17. Проводити випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.</p>	<p>(усний, письмовий, програмований). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем, надання звіту із виконання практичної роботи, підсумкове розрахункове завдання, підсумкове тестування.</p>
---	---

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Методи дослідження матеріалів та компонентів мікро- та нанoeлектронної техніки» є логічним продовженням опанування здобувачами освіти відповідних компетентностей та програмних результатів навчання в рамках спеціальності 176 «Мікро –та наносистемна техніка» другого магістерського рівня. Набуті при вивченні даного курсу знання необхідні у виробничій практиці, виконанні кваліфікаційної роботи магістра та подальшій дослідницькій діяльності в галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль № 1 Основні методи вимірювання електрофізичних параметрів напівпровідників

Тема 1. Загальні відомості про матеріали електроніки. Їх класифікація.

Тема 2. Методи визначення питомого опору і питомого поверхневого опору напівпровідників.

Тема 3. Сучасне обладнання для вимірювання поверхневого опору.

Змістовий модуль № 2 Методи вимірювання параметрів напівпровідників в електричному та магнітному полях.

Тема 4. Гальваномагнітні явища. Ефект Холла.

Тема 5. Термогальванічний та термомагнітні ефекти. Метод струму Холла.

Змістовий модуль № 3 Методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду в напівпровідниках

Тема 6. Стаціонарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду.

Тема 7. Нестационарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду.

Змістовий модуль № 4 Методи дослідження поверхневих рівнів напівпровідників

Тема 8. Вольт-фарадні методи дослідження властивостей напівпровідників.

Тема 9. Методи визначення щільності поверхневих станів на межі напівпровідник-діелектрик.

Змістовий модуль №5 Оптичні методи дослідження матеріалів мікроелектронної техніки.

Тема 10. Спектральний аналіз. Методи спектрального аналізу, обладнання.

Тема 11. Фотометрія. Методи и прилади.

Змістовий модуль №6 Рентгенівські методи дослідження матеріалів. Ультразвукова дефектоскопія.

Тема 12. Дослідження хімічного складу, структури матеріалів за допомогою рентгенівського випромінювання.

Тема 13. Ультразвукова дефектоскопія. Методи, обладнання та перспективи розвитку.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні Заняття, год		Практичні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
				о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	15	8	3	4	1	4	2	7	12	5	3	8
2	15	8	3	4	1	4	2	7	12	5	3	8
3	15	8	1	4	1	4		7	14	5	3	8
4	15	8	3	4	1	4	2	7	12	5	3	8
5	15	8	1	4	1	4		7	14	5	3	8
6	15	8	1	4	1	4		7	14	5	3	8
Індивід. завд.												12
Усього за змістові модулі	90	48	12	24	6	24	6	42	78	30	18	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30	30	20	20	40
Загалом		120								100		

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дис т ф.
1	2	3	4
1	Загальні відомості про матеріали електроніки. Їх класифікація. Методи визначення питомого опору і питомого поверхневого опору напівпровідників. Сучасне обладнання для вимірювання поверхневого опору.	4	1
2	Гальваномагнітні явища. Ефект Холла. Термогальванічний та термомагнітний ефекти. Метод струму Холла.	4	1
3	Стаціонарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду. Нестационарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду.	4	1
4	Вольт-фарадні методи дослідження властивостей напівпровідників. Методи визначення щільності поверхневих станів на межі напівпровідник-діелектрик.	4	1
5	Спектральний аналіз. Методи спектрального аналізу, обладнання. Фотометрія. Методи и прилади.	4	1
6	Дослідження хімічного складу, структури матеріалів за допомогою рентгенівського випромінювання. Ультразвукова дефектоскопія. Методи, обладнання та перспективи розвитку.	4	1
Разом		24	6

6. Теми практичних занять

№ мод уля	Назва теми	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
1	Вимірювання питомого опору напівпровідникових пластин довільної форми (Метод Ван-дер-Пау)	4	2
2	Дослідження ефекту Холла в напівпровідниках	4	2
3	Оптичні методи дослідження матеріалів та компонентів мікро-та наносистемної техніки	4	
4	Квантові точки	4	2
5	Спектроскопія. Визначення спектру речовин	4	
6	Ультразвукова дефектоскопія. Ефект Доплера	4	
	Разом	24	6

7. Самостійна робота

№ мод уля	Зміст самостійної роботи	Кількість годин, денна форма	Кількість годин, заочна форма
1	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР1	3	6
1	Підготовка до проміжного контролю	4	6

№ модуля	Зміст самостійної роботи	Кількість годин, денна форма	Кількість годин, заочна форма
2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР2.	3	6
2	Підготовка до проміжного контролю	4	6
3	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР3.	3	8
3	Підготовка до проміжного контролю	4	6
4	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР4.	3	6
4	Підготовка до проміжного контролю	4	6
5	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР5.	3	8
5	Підготовка до проміжного контролю	4	6
6	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ПР6.	3	8
6	Підготовка до проміжного контролю	4	6
Разом		42	78

8. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Загальні відомості про матеріали електроніки. Їх класифікація. Методи визначення питомого опору і питомого поверхневого опору напівпровідників. Сучасне обладнання для вимірювання поверхневого опору.	Питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість завдань – 3. Правильна відповідь на 1,3 -питання оцінюється у 2 бали, на 2 питання -1 бал.	5
	Практична робота 1	Вимірювання питомого опору напівпровідникових пластин довільної форми (Метод Ван-дер-Пау). Практична робота виконується з використанням лабораторного обладнання. Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за ЗМ 1	2			8

2	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Гальваномагнітні явища. Ефект Холла. Термогальванічний та термомагнітний ефекти. Метод струму Холла.	Питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість завдань – 2 Правильна відповідь на теоретичне питання оцінюється у 2 бали, задача -3 бали	5
	Практична робота 2	Дослідження ефекту Холла в напівпровідниках. Практична робота виконується з використанням лабораторного обладнання. Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за ЗМ 2	2			8
3	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Стаціонарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду. Нестаціонарні методи вимірювання параметрів нерівноважних носіїв заряду.	Кількість завдань – 2 Правильна відповідь на теоретичне питання оцінюється у 2 бали, задача -3 бали	5
	Практична робота 3	Оптичні методи дослідження матеріалів та компонентів мікро- та наносистемної техніки Практична робота виконується з використанням комп'ютерної техніки. Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за ЗМ 3	2			8
4	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Вольт-фарадні методи дослідження властивостей напівпровідників. Методи визначення щільності поверхневих станів на межі напівпровідник-діелектрик.	Кількість завдань – 2 Правильна відповідь на теоретичне питання оцінюється у 2 бали, задача -3 бали	5
	Практична робота 4	Квантові точки. Практична робота виконується з використанням комп'ютерної техніки. Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за	2			8

ЗМ 4				
5	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Спектральний аналіз. Методи спектрального аналізу, обладнання. Фотометрія. Методи и прилади.	Тести. Питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Практична робота 5	Спектроскопія. Визначення спектру речовин Практична робота виконується з використанням комп'ютерної техніки. Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за ЗМ 5	2			8
6	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Дослідження хімічного складу, структури матеріалів за допомогою рентгенівського випромінювання. Ультразвукова дефектоскопія. Методи, обладнання та перспективи розвитку.	Тести. Питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Практична робота 6	Ультразвукова дефектоскопія. Ефект Допплера Практична робота виконується з використанням комп'ютерної техніки Завдання для практичної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання практичної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 3 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	3
Усього за ЗМ 6	2			8
Індивід.завдання	1	Індивідуальне завдання виконується з використанням комп'ютерної техніки. Завдання у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Складається із двох завдань (теоретичного та прктичного). Виконується за варіантом. Оцінюється від 1 до 12 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті завдання та оформлення звіту.	12
Усього за змістові модулі	13			60

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Опитування (Тестування у разі дистанційного навчання)	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–6 у таблиці 8. Передбачас проведення підсумкового контролю знань згідно до затверджених білетів. Питання передбачають знання базових теоретичних основ и володіння практичними навичками розрахунку та статистичного аналізу основних параметрів матеріалів та компонентів мікро- та наноелектронної техніки. Тестування передбачас обмежену у часі (20 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 20. Правильна відповідь оцінюється в 1 бал.	20
	Розв'язання задачі	Задача складається з 2 практичних завдань, які виконуються з використанням комп'ютерної техніки	Кожне завдання оцінюється: правильно/ неправильно. Правильне завдання оцінюється у 10 балів, з урахуванням відповідей на запитання.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

10. Рекомендована література

Основна:

1. Майструк Е.В., Козярьський І.П., Козярьський Д.П. Фізико-хімічні основи напівпровідникового матеріалознавства: навч. посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2020. 120 с.
2. 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: ЗДІА, 2018. 40 с.
3. Крилик, Л. В. , Селецька О.О. Матеріали електронної техніки : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 120 с.
4. Формування та дослідження наноструктурованих матеріалів для фотовольтаїки: монографія / заг. ред. д.т.н., проф. Левінзон Д.І. Запоріжжя: Інженерний навчально-науковий інститут ЗНУ, 2018. 320 с.
5. Ніконова А.О., Ніконова З.А., Небеснюк О.Ю. Матеріали та компоненти електронної техніки: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти бакалавра спеціальності «Мікро- та наносистемна техніка» освітньо-професійної програми «Мікро- та наносистемна техніка»: ЗНУ, 2021. 58с.

Додаткова:

1. Головка Ю.В., Червоний І.Ф., Швець Є.Я., Матеріали і компоненти електроніки: навч. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2011. 278 с.
2. Фізичне матеріалознавство. Ч. 4 : Напівпровідники.: навч. посіб. / за ред. Ю. М. Поплавко. Київ, 2011. 333 с.
3. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., В.І. Ільченко, Ю.І. Якименко. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Київ, 2010. 157 с.
4. Nebesniuk O.Y. , Nikonova Z.A. , Nikonova A.A. , Khrypko S.L. Impact of defects on quality contact systems for photoelectric converters. *Journal of nano- and electronic physics*. 2019. №11(5).05020-1 - 05020-5.
5. Nebesniuk O.Y. , Nikonova A.A. , Nikonova Z.A. The influence of technological factors on photoconverters' electrophysical characteristics. *Journal of nano- and electronic physics*. 2020. Vol. 12, № 5, 05012(5pp).
6. Nebesniuk O.Y. , Nikonova Z.A. , Nikonova A.A. Technological Aspects of Formation of Energy-efficient Photovoltaic Solar Energy Converters. *Journal of nano- and electronic physics*. 2021. Vol. 13, № 5, 05033(6pp).
7. Nebesniuk O.Y. , Nikonova Z.A. , Nikonova A.A. Technological Features of Real Contact Systems' Production for Nanosystem Equipment. *Journal of nano- and electronic physics*. 2022. Vol. 14, № 5. 05014(5pp).
8. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І. Нанофізика наноматеріали, наноелектроніка. Київ: Наукова думка, 2012. 300 с.
9. ДСТУ 3008-95. Державний стандарт України. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Чинний від 1995-02-13. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1995. 38с.

Інформаційні ресурси:

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення: 11.06.2023).
2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/> (дата звернення: 23.08.2023).
3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (дата звернення: 11.07.2023).
4. Цифрова повнотекстова база даних англomовної наукової періодики JSTOR:

<https://www.jstor.org/> (дата звернення: 23.06.2023).