

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. Потебні ЗНУ

(підпис)

Наталя Метеленко

(прізвище, ім'я)

**КОМПОНЕНТИ ТА МАТЕРІАЛИ
МІКРОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

(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: Ніконова З.А., кандидат технічних наук, доцент, професор 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. Потебні

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>	Кількість кредитів – 3	Вибіркова	
		Дисципліни вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціальність <u>176 Мікро-та наносистемна техніка</u>	Загальна кількість годин – 90	Семестр:	
Освітньо-професійна програма <u>Мікроелектронні інформаційні системи</u>		Змістових модулів – 4	3 -й
	Лекції		
	10 год.		8 год.
	Лабораторні		
	22 год.		8 год.
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 12		
		Самостійна робота	
		год.58	год.74
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни «Компоненти та матеріали мікроелектронних пристроїв» навчити студентів визначати розрахунковим шляхом основні параметри компонентів і матеріалів мікро – та наносистемної техніки; розвинути уміння про будову, види конструкцій та призначення основних видів пасивних та активних інтегральних компонентів; підбирати та досліджувати необхідні електронні компоненти та матеріали для практичного використання при виконанні кваліфікаційних проєктів та проєктуванні мікроелектронних пристроїв.

Завданням дисципліни є набуття знань щодо впливу хімічного складу, структури, зовнішніх факторів, технології виготовлення і обробки на властивості матеріалів та компонентів мікро- та наносистемної техніки; володіння: методами та програмними продуктами розрахунку параметрів та вдосконалення їх функціональних можливостей при різних умовах роботи; основними способами та видами методик дослідження характеристик та технологічних особливостей виготовлення; уміння аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент **зможє:**

- Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.
- Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки.
- Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.
- Проводити випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

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
Вид компетентності	
1	2
Інтегральна компетентність - 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	Методи: Наочні методи (стенди, схеми, моделі, програмні продукти). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (індивідуальні та тестові завдання, контрольні, розробка

Загальні компетентності: – ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово – ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні	схем приладів за допомогою сучасних програмних продуктів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення та обговорення наукових робіт та цікавих винаходів).
Спеціальні компетентності: – 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 – СК 5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення	Методи: Дослідницький (наукова самостійна робота, проекти, макети виробів). Наочні методи (стенди, схеми, моделі, програмні продукти). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Практичні методи (індивідуальні та тестові завдання, контрольні, розробка схем приладів за допомогою сучасних програмних продуктів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу(навчальна дискусія, створення та обговорення наукових робіт та цікавих винаходів).
Програмні результати навчання: – Р8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її – Р9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки – Р11. Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів – Р17. Проводити випробування, експериментальні та теоретичні	Методи контролю і самоконтролю (усний, письмовий, програмований, лабораторно-практичний). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем, надання звіту із виконання лабораторної роботи, виконання індивідуального завдання, підсумкове тестування.

дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки	
---	--

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Компоненти та матеріали мікроелектронних пристроїв» 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 «Провідникові та магнітні матеріали»

Тема 1. Загальна класифікація матеріалів мікро- та наноелектроніки. Види матеріалів та металевих сплавів, їх основні властивості та застосування. Класифікація, основні параметри та характеристики провідникових матеріалів. Метали і сплави високої провідності.

Тема 2. Неметалеві, композиційні та оксидні провідникові матеріали. Класифікація магнітних матеріалів. Магнітні матеріали спеціального призначення. Нанорозмірні матеріали електроніки. Високоентропійні сплави.

Змістовий модуль 2 «Напівпровідникові матеріали та діелектрики»

Тема 3. Властивості напівпровідників. Класифікація напівпровідникових матеріалів та основні їх групи. Фізичні ефекти в напівпровідниках, що мають важливе прикладне значення: термоелектричні явища; вплив сильного електричного поля на електропровідність. Параметри та характеристики напівпровідникових матеріалів. Властивості і використання напівпровідникових сполук типу АІІІ BV, АІІ BVІ.

Тема 4. Загальні фізико-хімічні властивості та класифікація діелектричних матеріалів. Пасивні та активні діелектрики, основні групи, фізико-технічні властивості і можливості їх використання.

Змістовий модуль 3 «Інтегральні пасивні компоненти»

Тема 5. Базові компоненти мікроелектроніки, основні типи, класифікація та застосування. Напівпровідникові дифузійні та плівкові резистори. Резистори інтегрованих мікросхем. Конструкції, матеріали для їх виготовлення, основні параметри та характеристики.

Тема 6. Напівпровідникові дифузійні та плівкові конденсатори. Конструкції конденсаторів та матеріали для їх виготовлення, особливості застосування конденсаторів різних типів. Індуктивні елементи ІМС. Основні технічні характеристики індуктивності. Плівкові RC – структури.

Змістовий модуль 4 «Інтегральні активні компоненти»

Тема 7. Діоди універсального призначення. Діоди в напівпровідникових ІМС. Види, призначення, принцип дії, технологічні та конструктивні особливості, параметри та характеристики діодів.

Тема 8. Сучасні інтегровані біполярні транзистори. Режим роботи, статичні вольт -амперні характеристики, основні параметри та застосування.

Тема 9. Польові прилади з керувальним р-п-переходом. Методика розрахунку вольт-амперних характеристик і основних параметрів польових транзисторів, перспективи розвитку інтегральних транзисторних структур.

Тема 10. Напівпровідникові прилади спеціального призначення, їх функціональні можливості та особливості побудови. Типи конструкцій та структура НІМС (напівпровідникова інтегральна мікросхема). Використання фотоелектричних компонентів, особливості функціонування 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		Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Лабор. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
				о/д ф.	з/ди ст ф.	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	4	2	2	6	2	7	11	4	8	12
2	15	8	4	2	2	6	2	7	11	4	8	12
3	15	8	4	2	2	6	2	7	11	4	8	12
4	15	8	4	4	2	4	2	7	11	4	8	12
Індивід.завд												12
Усього за змістові модулі	60	32	16	10	8	22	8	28	44	16	32	60
Підсумковий семестровий контроль залік	30							30	30	20	20	40
Загалом	90									100		

5. Темі лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Загальна класифікація матеріалів мікро- та наноелектроніки. Види матеріалів та металевих сплавів, їх основні властивості та застосування. Класифікація, основні параметри та характеристики провідникових матеріалів. Метали і сплави високої провідності. Неметалеві, композиційні та оксидні провідникові матеріали. Класифікація магнітних матеріалів. Магнітні матеріали спеціального призначення. Нанорозмірні матеріали електроніки. Високоентропійні сплави.	2	2
2	Властивості напівпровідників. Класифікація напівпровідникових матеріалів та основні їх групи. Фізичні ефекти в напівпровідниках, що мають важливе прикладне значення: термоелектричні явища; вплив сильного електричного поля на електропровідність. Параметри та характеристики напівпровідникових матеріалів. Властивості і використання напівпровідникових сполук типу АІІ BV, АІІ В VI. Загальні фізико-хімічні властивості та класифікація діелектричних матеріалів. Пасивні та активні діелектрики, основні групи, фізико-технічні властивості і можливості їх використання.	2	2
3	Базові компоненти мікроелектроніки, основні типи, класифікація та застосування. Напівпровідникові дифузійні та плівкові резистори. Резистори інтегрованих мікросхем. Конструкції, матеріали для їх виготовлення, основні параметри та характеристики.	2	2

	Напівпровідникові дифузійні та плівкові конденсатори. Конструкції конденсаторів та матеріали для їх виготовлення, особливості застосування конденсаторів різних типів. Індуктивні елементи ІМС. Основні технічні характеристики індуктивності. Плівкові RC – структури.		
4	Діоди універсального призначення. Діоди в напівпровідникових ІМС. Види, призначення, принцип дії, технологічні та конструктивні особливості, параметри та характеристики діодів. Сучасні інтегровані біполярні транзистори. Режими роботи, статичні вольт -амперні характеристики, основні параметри та застосування. Польові прилади з керувальним р-п-переходом. Методика розрахунку вольт-амперних характеристик і основних параметрів польових транзисторів, перспективи розвитку інтегральних транзисторних структур. Напівпровідникові прилади спеціального призначення, їх функціональні можливості та особливості побудови. Типи конструкцій та структура НІМС (напівпровідникова інтегральна мікросхема). Використання фотоелектричних компонентів, особливості функціонування та перспективи розвитку.	4	2
Разом		10	8

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Дослідження матеріалів для інтегральних резисторів та розрахунок їх параметрів	3	2
1	Дослідження однорідності напівпровідникових структур	3	
2	Дослідження матеріалів для виготовлення інтегральних конденсаторів	3	2
2	Дослідження механізму проходження струму в універсальних діодах	3	
3	Дослідження впливу температури на параметри транзисторних структур	3	2
3	Дослідження характеристик приладу спеціального призначення	3	
4	Дослідження характеристик фотоелектричних компонентів	4	2
Разом		22	8

7.Самостійна робота

№ мод уля	Зміст самостійної роботи	Кількі сть годин, денна форма	Кількі сть годин, заочна форма
1	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР1,	2	3
1	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР2	2	3
1	Підготовка до проміжного контролю	1	1
2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР3.	2	3
2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР4.	2	3
2	Підготовка до проміжного контролю	1	1
3	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР5.	2	3
3	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР6.	2	3
3	Підготовка до проміжного контролю	1	1
4	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання ЛР7.	2	2
4	Підготовка до проміжного контролю	1	1
	Індивідуальне завдання	10	20
	Разом	28	44

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: Загальна класифікація матеріалів мікро- та наноелектроніки. Види матеріалів та металевих сплавів, їх основні властивості та застосування. Класифікація, основні параметри та характеристики провідникових матеріалів. Метали і сплави високої провідності. Неметалеві, композиційні та оксидні провідникові матеріали. Класифікація магнітних матеріалів. Магнітні матеріали спеціального призначення. Нанорозмірні матеріали електроніки. Високоентропійні сплави.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість завдань – 8. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали	4
	Лабораторна робота 1	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота виконується з використанням комп'ютерної техніки	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
	Лабораторна робота 2	Завдання для лабораторної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.		4
Усього за ЗМ 1	3			12
2	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Властивості напівпровідників. Класифікація напівпровідникових матеріалів та основні їх групи. Фізичні ефекти в напівпровідниках, що мають важливе прикладне значення: термоелектричні явища; вплив сильного електричного поля на електропровідність. Параметри та характеристики напівпровідникових матеріалів. Властивості і використання напівпровідникових сполук типу АІІІ BV, АІІ В VI. Загальні фізико-хімічні властивості та класифікація діелектричних матеріалів. Пасивні та активні	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 8. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали	4

		діелектрики, основні групи , фізико-технічні властивості і можливості їх використання		
	Лабораторна робота 3 Лабораторна робота 4	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота виконується використанням лабораторного обладнання Завдання для лабораторної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4 4
Усього за ЗМ 2	3			12
3	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Базові компоненти мікроелектроніки, основні типи, класифікація та застосування. Напівпровідникові дифузійні та плівкові резистори. Резистори інтегрованих мікросхем. Конструкції, матеріали для їх виготовлення, основні параметри та характеристики. Напівпровідникові дифузійні та плівкові конденсатори. Конструкції конденсаторів та матеріали для їх виготовлення, особливості застосування конденсаторів різних типів. Індуктивні елементи ІМС. Основні технічні характеристики індуктивності. Плівкові RC – структури	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 8. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали	4
	Лабораторна робота 5 Лабораторна робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота виконується використанням комп'ютерної техніки Завдання для лабораторної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4 4
Усього за ЗМ 3	3			12
4	Проміжний контроль знань	Питання для підготовки: Діоди універсального призначення. Діоди в напівпровідникових ІМС. Види, призначення, принцип дії, технологічні та конструктивні особливості, параметри та характеристики діодів. Сучасні інтегровані біполярні транзистори. Режим роботи,	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 8. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали	4

		статичні вольт -амперні характеристики, основні параметри та застосування. Польові прилади з керувальним р-п-переходом. Методика розрахунку вольт-амперних характеристик і основних параметрів польових транзисторів, перспективи розвитку інтегральних транзисторних структур. Напівпровідникові прилади спеціального призначення, їх функціональні можливості та особливості побудови. Типи конструкцій та структура НІМС (напівпровідникова інтегральна мікросхема). Використання фотоелектричних компонентів, особливості функціонування та перспективи розвитку		
	Лабораторна робота 7	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота виконується використанням комп'ютерної техніки. Завдання для лабораторної роботи у вигляді файлів PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ.	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 8 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	8
Усього за ЗМ 4	2			12
Індивідуальне завдання (ІЗ)		ІЗ виконується у вигляді письмової роботи з обов'язковим публічним захистом на останньому навчальному тижні. Перед публічним захистом робота надсилається на попереднє рецензування (електронна скринька: zn.a@ukr.net , nikonova.za.21@gmail.com). Тема ІЗ обирається впродовж перших двох перших тижнів семестру з переліку запропонованих тем. Тематика, вимоги до обсягу та оформленню ІЗ та презентації див. на сторінці курсу у Moodle: https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8585	ІЗ оцінюється від 1 до 10 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті завдання	12
Усього за змістові модулі	12			60

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–4 у таблиці 8. Тестування передбачає обмежену у часі (60 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання залік проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: Із 6 відповідей обрати правильний варіант. Кількість питань 20. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	20
	Письмова практична робота	Робота складається з 2 практичних завдань, які виконуються з використанням комп'ютерної техніки	Завдання оцінюється: правильно/неправильно. Правильне завдання оцінюється у 10 балів, з урахуванням відповідей на запитання.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов’язковим повторним курсом)		

10. Рекомендована література

Основна:

1. Ніконова З. А., Ніконова А. О., Небеснюк О. Ю. Матеріали та компоненти електронної техніки: конспект лекцій. Запоріжжя: РВВ. ЗНУ, 2021. 80 с.
2. Компоненти та матеріали мікроелектронних пристроїв. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка» всіх форм навчання / Укл.: З.А. Ніконова О.Ю. Небеснюк, А.О. Ніконова. Електронний ресурс. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023. 40с.
3. Проценко І. Ю., Н. І. Шумакова. Наноматеріали і нанотехнології в електроніці : підручник. Суми : Сумський державний університет, 2018. 155 с.
4. Ніконова З.А., Небеснюк О.Ю., Ніконова А.О. Контактні системи в електроніці: монографія. Запоріжжя, 2017.126с.
5. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки : навч. посіб. / Укл. : П. Г. Стахів, В. І. Коруд, О. Є. Гамола. Львів : Магнолія, 2019. 225 с.
6. Матеріали електронної техніки : навч. посіб. / Укл.: Л. В. Крилик, О. О. Селецька. Вінниця : ВНТУ, 2017. 120 с.

Додаткова:

1. Матеріали і компоненти функціональної електроніки : навч. посіб. / Укл.: Л. В. Однодворець, І.М. Пазуха. Суми: Сумський державний університет, 2011. 231 с.
2. Nebesniuk O., Nikonova Z., Nikonova A. The ways of increasing the efficiency of photoelectric transducers. В кн.: Європейський вектор модернізації економіки в

умовах сталого розвитку промислового регіону / За загальною редакцією Метеленко Н. Київ: Інтерсервіс. 2021. С. 163-169.

3. Nebesniuk O., Nikonova Z., Nikonova A. Technological Features of Real Contact Systems' Production for Nanosystem Equipment. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2022. Т. 14. № 5. С. 05014(5).
4. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О., Критська Т. В. Впровадження технології використання некондиційних напівпровідникових структур для виготовлення сонячних елементів. *Металургія*. 2023. № 1(2022). С. 67-75.
5. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О. Technological Aspects of Formation of Energy-efficient Photovoltaic Solar Energy Converters. *Journal Nano- and Electronic Physics*. 2021. № 13(5). С. 05033-1 - 05033-6.
6. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О. The influence of technological factors on photoconverters electrophysical characteristics. *Журнал нано – та електронної фізики*. 2020. Т. 12. № 5. С. 05012.
7. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О., Кириченко О., Дженков Є. Нанотехнології у виробництві фотоелектричних приладових структур. Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка». Кременчук: КНУ ім. Михайла Остроградського, 2020. С. 50.
8. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки: підручник. Львів: Бескид Біт. , 2017. 55с.
9. Баранський П.І. Напівпровідникова електроніка: довідник. Київ :Наукова думка, 2018. 358с.
10. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки : навч. посіб. / Укл.: І. Ю. Проценко, Л. В. Однорець. Суми : Сумський державний університет, 2011. 231 с.
11. Матеріали і компоненти електроніки: : навч. посіб /Уклад.: С. П. Надкерничний. Київ: Нац. техн. ун-т України «Київ. політех. ін-т», 2010. 54 с.
12. Жеребцов І.П. Основи електроніки: підручник. Київ.: Енергоатом вид., 2015. 128с.
13. Формування та дослідження наноструктурованих матеріалів для фотовольтаїки: монографія колективу викладачів кафедри «Мікроелектронні інформаційні системи». Запоріжжя: ІНІ ЗНУ, 2018. 98с.
14. Green M. A. Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond . *Physic*, 2012. Vol. E 14. P. 65 - 70.

Інформаційні ресурси:

- 1.Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/>
- 2.Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/>
- 3.Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
- 4.Електронні кромпоненти. URL:<https://uk.wikipedia.org/wiki>
5. Electronics Tutorials (Basic Electronics Tutorials and Revision) веб-сайт. URL: <http://www.electronics-tutorials.ws> (дата звернення 31.05.2023)