

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МАТЕРІАЛИ МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	<u>Матеріали мікро- та наноелектроніки</u> Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Сніжної Г.В., доцент, к. фіз.-мат. н., д. техн. н., завідувач кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача 0504860966, e-mail: snow@zp.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 2 години – індивідуальне науково-дослідне завдання, 60 годин самостійна робота, вид контролю – залік.
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2.Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
<p>Пререквізити Дисципліни: ОК 02 – «Вища математика», ОК 03 – «Фізика», ОК 05 – «Українська мова за професійним спрямуванням», ОК 09 – «Фізична хімія».</p> <p>Постреквізити Дисципліни: ВК – «Наноматеріали та процеси їх формування», «Фізика твердого тіла»; «Основи магнітометрії конструкційних матеріалів», «Наноелектронна елементна база комп'ютерних систем».</p>	
3.Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Матеріали мікро- та наноелектроніки (ММіНЕ) – це курс теоретично-практичного спрямування, що поєднує в собі системні знання про матеріали мікро- і наноелектроніки із практичним застосуванням їх властивостей в компонентах і пристроях електроніки.</p> <p>Вивчення навчальної дисциплін «Матеріали мікро- та наноелектроніки» дозволить студентів приймати обґрунтовані рішення на основі знання принципів побудови, властивостей, отримання та способів застосування матеріалів мікро- та наноелектроніки.</p> <p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - К01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; - К02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; - К05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; - К06. Навички здійснення безпечної діяльності, - К07. Прагнення до збереження навколишнього середовища, - К08. Здатність вчитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної. <p>Фахові компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - К15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки; - К21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об'єктах. <p>Очікувані програмні результати навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ПР04. Вміти вибрати, виходячи з технічної задачі, стандартизований метод оцінювання та вимірювального контролю характерних властивостей продукції та параметрів технологіч- 	

них процесів;
– ПР08. Вміти організувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

формування у студентів системних знань про матеріали мікро- і наелектроніки; фізичні закономірності, які визначають їхню поведінку у різних умовах експлуатації та у взаємозв'язку з конкретними застосуваннями в компонентах і пристроях електроніки; навчити студентів правильно вибирати матеріал для виготовлення елементів електроніки заданого призначення з врахуванням допустимих навантажень, впливу зовнішніх факторів, технологічності, вартості; розвинення навичок користування спеціальною науковою і довідковою літературою, а також діючими стандартами.

5.Завдання вивчення дисципліни

Оволодіння студентами системних знань про матеріали мікро- і наелектроніки; фізичні закономірності, які визначають їхню поведінку у різних умовах експлуатації.

Пізнавальні – є освоєння природи та будови матеріалів мікро- і наелектроніки; фізичну сутність процесів, які мають місце в провідникових, напівпровідникових, діелектричних і магнітних матеріалах у різних умовах їх експлуатації.

Практичні – опанувати методи отримання матеріалів у вигляді монокристалів, плівок; сформувати практичні навички дослідження шляхом опанування сутність процесів, які мають місце в провідникових, напівпровідникових і діелектричних матеріалах у різних умовах їх експлуатації; правильно вибирати матеріали для виготовлення елементів електроніки заданого призначення з врахуванням допустимих навантажень, впливу зовнішніх факторів, технологічності, вартості тощо.

6. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Класифікація, властивості та методи отримання матеріалів мікрота наелектроніки.

Вступ. Мета і задачі вивчення дисципліни, її взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Роль матеріалів в технічному прогресі. Нові напрямки розвитку мікроелектроніки. Короткі історичні відомості про винахід та дослідження матеріалів.

Тема 1. Загальна класифікація матеріалів по складу, властивостям і технічного призначення.

Класифікація матеріалів по електропровідності (метали, напівпровідники, діелектрики, надпровідники). Класифікація матеріалів за магнітними властивостями. Матеріали із спеціальними механічними властивостями (тугоплавкі, тверді, пластичні і т.д.). Класифікація матеріалів по кристалічному стану (монокристал, полікристали, аморфний стан, нанокристалічне становище, порошки, композиційні матеріали тощо).

Тема 2. Технологія та основні фізико-хімічні властивості напівпровідників.

Методи отримання монокристалів напівпровідникових матеріалів. Спонтанна кристалізація. Метод зонної плавки. Спрямована кристалізація напівпровідників з розплаву. Метод Бріджмена. Метод Чохральського.

Формування р-п-переходів у напівпровідниках. Методи легування напівпровідникових монокристалів: термічний, іонного бомбардування (дифузне або шляхом імплантації), легування в процесі витягування кристалів, епітаксійний метод.

Відпал дефектів. Гетерування домішок. Кристалізація аморфних шарів.

Основні фізико-хімічні та оптичні властивості елементарних напівпровідників і напівпровідникових сполук. Реалізації фізичних явищ напівпровідникових структур в конкретних приладах і пристроях.

Тема 3.Методи дослідження матеріалів і елементів електронної техніки.

Вимоги до матеріалів, використовуваних для виготовлення приладів технічної електроніки (хімічна чистота, клас обробки, гігієна виробництва матеріалів електронної техніки). Оптичні методи дослідження матеріалів, в тому числі пліткових (коефіцієнти відбиття, поглинання і їх час-

тотні залежності - спектральні властивості, фотоемісійні властивості).

Методи дослідження електричних параметрів напівпровідників (тип провідності, рухливість і число носіїв, питомий електроопір). Дослідження температури переходу в надпровідний стан надпровідних сплавів і керамік.

Дослідження діелектричних властивостей ізолюючих матеріалів (діелектричні втрати, діелектрична проникність). Магнітні вимірювання (намагніченість насичення, гістерезисні властивості, температура Кюрі). Високочастотні властивості феритових матеріалів.

Тема 4. Створення функціональних елементів.

П'єзо- та піроелементи. Молекулярно-променева епітаксія. Фулерени. Вуглецеві нанотрубки. Нанорозмірні гетероструктури. Графен. Квантово-точкові кліткові автомати і безпровідна електронна логіка. Нанокomp'ютери.

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. Матеріали, які використовуються у технологічних процесах та в пристроях електроніки.

Тема 5. Матеріали для фото-, рентгено- і електронолітографії. Матеріали для легування напівпровідників і виготовлення електродних виводів.

Фоторезисти та їх властивості. Рентгено- і електронорезисти. Світлочутливі емульсії. Проявники для фото- і електронорезистів, емульсій. Розчинники для фото- і електронорезистів. Матеріали для фотошаблонів. Акцепторні елементи. Донорні елементи. Дифузанти. Електродні металеві сплави.

Тема 6. Матеріали для захисту p-n-переходів. Матеріали для корпусів. Матеріали для виготовлення пасивних елементів інтегральних мікросхем.

Основні вимоги. Захисні лаки, емалі, компаунди. Оксидні і нітридні плівки кремнію. Захисне скло. Метали і сплави. Скло. Кераміка. Пластмаси. Припої. Клеї. Пластили для інтегральних мікросхем. Резистивні матеріали. Матеріали для провідних плівок. Матеріали для тонкопліткових конденсаторів. Пасти для виготовлення товстопліткових елементів гібридних інтегральних схем.

Тема 7. Магнітні матеріали в пристроях пам'яті і електроніки, використання надпровідників в сучасних виробках електроніки.

Магнітні плівки, магнітні покриття. Матеріали для магнітних дисків, магнітооптичні матеріали. Керамічна технологія феритів та їх використання в НВЧ-пристроях.

Основні характеристики надпровідних матеріалів. Використання надпровідних металів, сплавів і керамік в сучасних виробках електроніки. Технологія отримання високотемпературних надпровідників.

Тема 8. Матеріали спеціального призначення.

Матеріали загального призначення в пристроях електроніки. Рідкі кристали. Люмінофори. Покриття, полум'яне нанесення покриттів, нітрування, хромування анодування тощо). Композиційні матеріали в пристроях електронної техніки. Тугоплавкі метали.

Заключна. *Перспективи розвитку матеріалів мікро- та наноелектроніки.*

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Загальна класифікація матеріалів по складу, властивостям і технічного призначення.	лекція	2
2	Визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення матеріалів.	лабораторна робота	2
3	Технологія та основні фізико-хімічні властивості напівпровідників	лекція	2
4	Елементи зонної теорії твердого тіла.	лабораторна робота	2
5	Методи дослідження матеріалів і елементів електрон-	лекція	2

	ної техніки.		
6	Питома електропровідність металів і залежність питомого опору від температури.	лабораторна робота	2
7	Створення функціональних елементів.	лекція	2
8	Дослідження залежності електропровідності напівпровідника від температури.	лабораторна робота	2
9	Матеріали для фото-, рентгено_ і електронолітографії. Матеріали для легування напівпровідників і виготовлення електродних виводів	лекція	2
10	Дослідження залежності електропровідності напівпровідника від температури.	лабораторна робота	2
11	Матеріали для захисту р-n-переходів. Матеріали для корпусів. Матеріали для виготовлення пасивних елементів інтегральних мікросхем.	лекція	2
12	Дослідження процесу розрядки конденсатора і визначення питомого опору діелектрика.	лабораторна робота	2
13	Магнітні матеріали в пристроях пам'яті і електроніки, використання надпровідників в сучасних виробх електроніки. Матеріали спеціального призначення.	лекція	2
14	Дослідження феромагнітних матеріалів з прямокутною петлею гістерезису.	лабораторна робота	2

8.Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1	2	3	4	5
1, 2	Загальна класифікація матеріалів по складу, властивостям і технічного призначення.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
3, 4	Технологія та основні фізико-хімічні властивості напівпровідників	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	8	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
7, 8	Методи дослідження матеріалів і елементів електронної техніки.	Опрацювання конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	8	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
9, 10	Створення функціональних елементів.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, реферат.
11, 12	Матеріали для фото-, рентгено_ і електронолітографії. Матеріали для легування напівпровідників і виготовлення електродних виводів. Матеріали для захисту р-n-переходів.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
13,14	Матеріали для корпусів. Матеріали для виготовлення пасивних елементів інтегральних мікросхем. Магнітні матеріали в пристроях пам'яті і електроніки	Опрацювання літератури, конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	10	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
13,14	Використання надпровідників в сучасних виробх електроніки. Матеріали спеціального при-	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.

начення.			
----------	--	--	--

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle:
<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=1547>;
- листування за допомогою електронної пошти snow@zp.edu.ua (у форматі 24/7);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіо спілкування або смс у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача або за домовленістю);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача або за домовленістю у Viber та Telegram).

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ECTS –A, B, C, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85 – 89	B	добре	
75 – 84	C		
70 – 74	D	задовільно	
60 – 69	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінка «відмінно» виставляється студентові за повне та відмінне виконання завдання без або з незначною помилкою. Оцінка «добре» - за правильне виконання завдання але з деякими помилками. Оцінка «задовільно» – за виконання завдання в достатньому обсязі зі значною кількістю недоліків або в мінімальному обсязі. Оцінка «незадовільно» виставляється студентові, який не виконав завдання або його обсяг недостатній та містить грубі помилки.

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «незараховано» виставляється студентові, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100- бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 15 балів (3 лабораторні роботи по 15 балів = 45 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістовного модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль – до 35 балів;

Під час контролю по другому змістовному модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 15 балів (3 лабораторні роботи по 15 балів = 45 балів);
- індивідуальна робота за тематикою змістовного модуля – до 20 балів;
- рубіжний контроль (модульна контрольна робота (тести)) – до 35 балів;

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістовні модулі.

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумкова
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2					
ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	100
-	45	20	35	100	-	45	20	35	100	

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100- бальною шкалою. Під час підсумкового контролю (заліку) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті лабораторних робіт студента оцінюється (до 45 балів всього);
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 20 балів;
- відповідь на два запитання (до 35 балів всього).

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання.

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або

час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3