

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МІКРО- ТА НАНОСЕНСОРИ

(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої
(назва освітньої програми)

Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: магістр
(назва ступеня вищої освіти)

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

Протокол № 1 від 28 серпня 2020 р.

м.Запоріжжя 2021

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	<u>ВК</u> Мікро- та наносенсори Навчальна дисципліна вибіркового компонента циклу професійної підготовки
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) рівень
Викладач	Коротун Андрій Віталійович, доцент кафедри мікро- та наноелектроніки, канд. фіз.-матем. наук
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, e-mail: andko@zp.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	За розкладом занять.
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 120 годин. Кредитів – 4 кредитів ЄКТС. Розподіл годин: 30 годин лекцій; 14 годин практичних занять; 66 годин самостійної роботи. Вид контролю – іспит.
Консультації	Згідно з графіком консультацій, який складається кафедрою на початку семестру. https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
<p>Пререквізити:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Теорія електричних і електронних кіл; ➤ Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки; ➤ Комп'ютерне моделювання; ➤ Системи автоматичного керування; ➤ Твердотіла електроніка. <p>Постреквізити:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Цифрова схемотехніка; ➤ Пристрої живлення вимірювальної техніки; ➤ Оцінка відповідності засобів вимірювальної техніки регламентам і стандартам. 	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:</p> <p>загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ➤ ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ➤ ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні. ➤ ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ➤ ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). ➤ ЗК8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності). <p>фахові компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ СК1. Здатність ефективно використовувати складне контроль-но-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення. 	

- СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.
- СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення.
- СК4. Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах.
- СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.
- СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.
- СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Очікувані програмні результати навчання:

- P1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.
- P2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.
- P3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.
- P6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.
- P7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.
- P8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.
- P9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки.
- P11. Досліджувати процеси у мікро- та нанoeлектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.
- P11. Досліджувати процеси у мікро- та нанoeлектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.
- P16. Досліджувати дефекти ультратонких покриттів і дисперсних середовищ (зокрема, фарб-ксераліків) методами оптичної дефектоскопії та вміти візуалізувати вказані дефекти.
- P20. Вміти проектувати пристрої сенсорної електроніки з різними принципами дії, зокрема, оптичні наносенсори.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів знань у галузі мікро- і наносенсоріки, ознайомлення з базовими фізичними принципами функціонування сенсорних мікросистем, характеристиками, конструкціями та особливостями їх застосування при створенні сенсорів нанотехнологій, біотехнологій та елементів молекулярної електроніки.

5. Завдання вивчення дисципліни

Завданнями вивчення дисципліни є:

- формування знань з основних тенденцій розробки мікро- і наносенсорів;
- формування знань з фізичних основ створення нанорозмірних структур для розпізнавання хімічних і біологічних агентів;
- формування знань з технологічних основ створення сенсорів на основі наноструктур і приладів наноелектроніки;
- формування знань з фізичних основ експлуатації сенсорних пристроїв на основі наноструктур;
- формування вмінь розрахунку та проектування нанорозмірних структур для сенсорних пристроїв різного функціонального призначення.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1 Мікросенсори.

Тема 1. Класифікація сенсорів.

Поняття про сенсори. Функціональні можливості та обмеження сенсорів. Структура інформаційно-вимірювальних систем. Сенсорно-комп'ютерні системи.

Інтелектуальні сенсори. Мікросистемні технології.

Тема 2. Електричні сенсори.

Фізичні основи роботи і класифікація електричних сенсорів. Резистивні, ємнісні та імпедансні сенсори. Вольтаїчні сенсори.

Сенсори на діодах і біполярних транзисторах. Сенсори на польових транзисторах і приладах з негативною ВАХ.

Газорозрядні сенсори.

Сенсори переміщення. Принципи роботи глобальної системи орієнтування та сенсори GPS.

Інтелектуальні акустичні сенсори. П'єзоелектричні датчики. Багатофункціональні мікроелектронні перетворювачі на ПАХ.

П'єзоелектричні біосенсори. Ультразвукові сенсори.

Тема 3. Магнітні сенсори.

Магнітні сенсори. Сенсори на сквідах. Індуктивні сенсори.

Магнітометричні датчики. Магнітооптичний датчик витоків метану. Ферозонди. Магнітні датчики для вимірювання товщини і витрат. Композиційні магнітоелектричні датчики магнітного поля.

Тема 4. Оптичні сенсори.

Спектрофотометричні сенсори як один із видів оптичних сенсорів. Спектрофотометрія у зворотному розсіяному світлі.

Акустооптичний сенсор для систем типу «електронний ніс».

Теоретичні основи роботи люмінесцентних сенсорів. Хро-нофлуорометри. Сенсори з люмінесцентними маркерами. Біоломінесцентні та сцинтиляційні сенсори.

Принципи роботи ППР-сенсорів.

Інтегрально-оптичний датчик для контролю небезпечних газоподібних речовин. Моніторинг периметрів, що охороняються, і кутових переміщень. Сенсори температури.

**Змістовий модуль2
Наносенсори.**

Тема 5. Сучасні технології створення сенсорних елементів.

Нанотехнології в сенсорикі. Екстракційно-піролітичний метод отримання сенсорних матеріалів. Газочутливі властивості наночастинок паладію.

Тема 6. Нанорозмірні сенсори.

Наносенсори: основні поняття, визначення і терміни. «Дорожні карти» розвитку наносенсорів.

Нанодротиметалооксидів як сенсори газів. Виготовлення SnO₂-нанодротяного газового датчика з високою чутливістю. Сенсори на основі опалових матриць.

Формування однокристальних мультисенсорних мікросистем на основі газочутливої плівки SnO₂. Однокристальні мультисенсорні системи на основі оксидних нановолокон. «Електронний язик».

Тема 7. Інтелектуальні сенсори.

Інтелектуальні сенсорні системи.

Елементна база інтелектуальних сенсорів. Селекція корисних сигналів. Проектування і програмування інтелектуальних сенсорів. Перспективи розвитку інтелектуальних сенсорів.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Тема 1. Класифікація сенсорів.	Лекція	2
1	Класифікація сенсорів.	Практичне заняття	2
2	Тема 2. Електричні сенсори.	Лекція	2
3	Тема 2. Електричні сенсори.	Лекція	2
3	Електричні сенсори.	Практичне заняття	2
4	Тема 2. Електричні сенсори. Тема 3. Магнітні сенсори.	Лекція	2
5	Тема 3. Магнітні сенсори.	Лекція	2
5	Магнітні сенсори.	Практичне заняття	2
6	Тема 3. Магнітні сенсори. Тема 4. Оптичні сенсори.	Лекція	2
7	Тема 4. Оптичні сенсори.	Лекція	2
7	Модульний контроль I.	Практичне заняття	2
8	Тема 4. Оптичні сенсори.	Лекція	2
9	Тема 5 Сучасні технології створення сен-сорних елементів.	Лекція	2
9	Оптичні сенсори.	Практичне заняття	2
10	Тема 5 Сучасні технології створення сен-сорних елементів. Тема 6. Нанорозмірні сенсори.	Лекція	2

11	Тема 6. Нанорозмірні сенсори.	Лекція	2
11	Сучасні технології створення сенсорних елементів.	Практичне заняття	2
12	Тема 6. Нанорозмірні сенсори.	Лекція	2
13	Тема 7. Інтелектуальні сенсори.	Лекція	2
13	Нанорозмірні сенсори.	Практичне заняття	2
14	Тема 7. Інтелектуальні сенсори.	Лекція	2
15	Тема 7. Інтелектуальні сенсори.	Лекція	2
15	Інтелектуальні сенсори.	Практичне заняття	2

Індивідуальні завдання

Студенти денної форми навчання готують два індивідуальних домашніх завдання у вигляді розв'язаних задач. Максимальна оцінка індивідуального завдання складає 15 балів.

Для студентів заочної форми навчання передбачена *контрольна робота*.

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва тем	Види СР	Кількість годин	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1				
1	Класифікація сенсорів.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	6	Усне опитування на лекціях, перевірка виконаних завдань практичних робіт.
2, 3	Електричні сенсори.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	10	Усне опитування на лекціях, перевірка виконаних завдань практичних робіт.
4, 5	Магнітні сенсори.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	6	Усне опитування на лекціях, перевірка виконаних завдань практичних робіт.
6, 7	Оптичні сенсори.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	8	Усне опитування на лекціях, перевірка виконаних завдань практичних робіт.
Змістовий модуль 2				

8, 9	Сучасні технології створення сенсорних елементів.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	10	Перевірка виконаної роботи викладачем.
10, 11	Нанорозмірні сенсори.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	12	Перевірка виконаної роботи викладачем.
12,13, 14	Інтелектуальні сенсори.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, доопрацювання завдань практичних занять.	14	Усне опитування на лекціях, перевірка виконаних завдань практичних робіт.

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=4103>;
- листування за допомогою електронної пошти andko@zp.edu.ua (у форматі 24/7 кожного дня);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та WhatsApp (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

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 змістові модулі. Студент має право додатково скласти іспит за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та іспиту.

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-трансфертної системи (ЄКТС – А, В, С, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання при виді контролю: іспит

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄСТ S	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
85-89	B	Добре
75-84	C	
70-74	D	
60-69	E	Задовільно

35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінка «відмінно» виставляється студентіві за повне та відмінне виконання завдання без помилок, або з незначними помилками. Оцінка «добре» - за правильне виконання завдання, але з деякими помилками. Оцінка «задовільно» виставляється за виконання завдання в достатньому обсязі зі значною кількістю недоліків або в мінімальному обсязі. Оцінка «незадовільно» виставляється студентіві, який не виконав завдання, або обсяг виконання завдання недостатній та містить грубі помилки, а також у випадку, коли у студента відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

1. Курсом передбачені практичні заняття. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 25 балів.

2. За індивідуальне завдання, яке включає в себе розв'язок та захист набору задач за варіантами, студент може отримати в кожному модулі максимально 15 балів, за умови демонстрації високого рівня знань, а також творчої, розумової, нерепродуктивної діяльності під час застосування теоретичних знань на практиці.

3. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю і вигляді аудиторної модульної контрольної роботи. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 60 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується до початку екзаменаційної сесії. Під час екзаменаційної сесії студенти, які незгодні з оцінкою за підсумками рубіжного контролю або отримали незадовільну оцінку, з'являються на екзамен.

Для студентів заочної форми навчання захист контрольної роботи, розв'язування задач, усний або письмовий іспит.

Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумкова
Модуль №1				Модуль № 2					
ПЗ	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ІДЗ	РГЗ	МК	Σ	100
25	15	60	100	15	10	15	60	100	

ПЗ – практичні заняття; ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання; РГЗ – розрахунково-графічне завдання; МК – модульна контрольна робота.

Отже, сумарна кількість балів, яку отримує студент впродовж семестру, складає 100. В залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка згідно національної шкали.

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати 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 (<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=4103>) 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 (сервіс Moodle).

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 графіка 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 у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

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.