

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Інститут високих технологій

Кафедра нанofізики конденсованих середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з науково – педагогічної роботи



Галина ГРАБЧУК

«22» березня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ МЕМС
для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	другий (магістр)
освітньо-наукова програма	Високі технології (хімія та наноматеріали)
вид дисципліни	вибіркова

-	Форма навчання	денна
	Навчальний рік	2021/2022
	Семестр	3
	Кількість кредитів ECTS	4.0
	Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
	Форма заключного контролю	залік

Викладач: Горбанюк Т.І.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2021

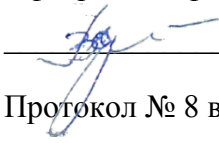
Розробники:

Скришевський Валерій Антонович, доктор фізико – математичних наук , професор,
завідувач кафедри нанофізики конденсованих середовищ

Горбанюк Тетяна Іванівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанофізики
конденсованих середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри нанофізики конденсованих середовищ

 Валерій СКРИШЕВСЬКИЙ

Протокол № 8 від «26» лютого 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від « 5» березня 2021 року № 3

Голова науково-методичної комісії  (Наталія РУСІНЧУК.)

ВСТУП

1. Мета дисципліни - ознайомлення студентів з матеріалами для виробництва мікроелектромеханічних систем (МЕМС), зокрема з напівпровідниками групи A^3B^5 , п'єзокристалами, діелектриками та полімерами. В курсі студенти знайомляться також із базовими технологіями виробництва МЕМС, наприклад, з технологією термічного та магнітного розпилення, методом CVD.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):

Навчальна дисципліна «Сучасні технології та матеріали МЕМС» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема таких як «Механіка», «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Атомна та ядерна фізика», «Твердотільна мікро- та нанотехнологія, деградація та надійність матеріалів та структур на їх основі», «Нанофотоніка», «Вибрані розділи неорганічної та органічної хімії», «Електрофізичні, хімічні та біологічні методи досліджень».

3. Анотація навчальної дисципліни:

У програмі дисципліни представлені основні принципи створення мікроелектромеханічних пристроїв, функціональний склад та конструктивно-технологічні рішення МЕМС – пристроїв, наведено класифікацію технологічних процесів, що використовуються в їхньому виробництві, особливості структур нано-діапазону, принцип електромеханічних аналогій, ефекти зміни масштабу, а також квантово-механічні ефекти, що діють у діапазоні 1-100 нм, науково-аналітичні прилади для досліджень наноструктур, методи формування малюнка та структур приладів, принципи, що використовуються при складанні наноструктур, основні групи матеріалів, які застосовують у МЕМС., а також проблеми та особливості застосування МЕМС для біотехнології.

4. Завдання (навчальні цілі):

Навчання дисципліні має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність), а також формулювати судження, маючи неповну або обмежену інформацію.

ЗК7. Навички використання інформаційних і-комунікаційних технологій в хімічних дослідженнях та професійній діяльності.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

ФК5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			

1.1	Основні технології МЕМС. Матеріали для МЕМС. Top-down та Bottom-up процеси та методи контролю	Лекції, лабораторні	Модульна контрольна робота: 2 запитання	13%
1.2	МЕМС прилади для транспортних та космічних застосувань, мікрофонів портативних пристроїв для медицини та гаджетів, мікроопто-електромеханічних систем для медицини та біології	Лекції, лабораторні	Модульна контрольна робота: 2 запитання	12%
1.3	Прототипи та принципи роботи напівпровідникових хімічних сенсорів на основі МЕМС з використанням наноматеріалів	Лекції, практичні	Модульна контрольна робота: 4 запитання	10%
1.4	Технологію та властивості колоїдних розчинів квантових точок на основі Si, SiC, C та металів для датчиків, біовізуалізації та терапії.	Лекції, лабораторні	Модульна контрольна робота: 4 запитання	15%
2.1	Проводити літературний та патентний пошук аналогів та прототипів заданих МЕМС сенсорів	Самостійна робота студента	Семестрова робота студента	15%
2.2	Використовувати та аналізувати алгоритми розрахунку параметрів МЕМС сенсорів (метод нейронних мереж, метод головних компонент)	Самостійна робота студента	Семестрова робота студента	15%
3.1	Вміти донести інформацію до аудиторії про досягнення та проблеми сучасних пристроїв МЕМС	Самостійна робота студента	Відповіді під час лабораторних занять	10%
4.1	Продемонструвати автономність та розуміння особистої відповідальності за професійні рішення при вивченні курсу	Лабораторні заняття, самостійна робота студента	Семестрова робота студента: обґрунтування методів	10%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.	+	+	+	+				+	+
2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.	+	+	+	+				+	+
5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.					+	+	+		+
8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.					+	+	+		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.4 [знання]- 50 %;
- результат навчання 2.1 – 2.2 [вміння] -30%;
- результат навчання 3.1 **комунікація** – 10%
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – 10%.

Семестрове оцінювання: контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-5, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 6-10. Після завершення відповідних тем проводяться дві письмові модульні контрольні роботи. Для визначення рівня досягнення результатів навчання завдання для модульної контрольної роботи перевіряють уміння розв'язувати конкретні задачі. Обов'язковим для допуску до іспиту є написання 1-ї та 2-ї модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 15 балів та доповідь на практичних заняттях..

підсумкове оцінювання (у формі іспиту): письмово-усне. Білет заліку складається із 2 питань, кожне питання оцінюється від 0 до 20 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому оцінка за результатами навчання 2 [вміння], 3 (комунікація) і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня (15, 5 і 5 балів відповідно), оцінка за залік не може бути меншою 24 балів.

Умови допуску до підсумкового іспиту є отримання студентом сумарно не менше, аніж критично-розрахунковий мінімум 35 балів за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 35 балів, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні написати на необхідну порогову кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом відповідного семестру та доскладають домашні завдання для підвищення балів за виконання самостійної роботи.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота: РН 1.1-1.3, 4.1 - 46 балів/29 бали.
 2. Самостійна семестрова робота: РН 2.1-2.2, 3.1. – 38 балів/23 бали.
 3. Лабораторні роботи: РН 1.4,3.1 – 16 балів/8 балів.
- Усього: 100 балів/60 балів.

- підсумкове оцінювання: відсутнє.

Оцінювання	Min	Max
Семестрове оцінювання	60	100
Всього	60	100

7.2 Організація оцінювання:

	ЗМ1		ЗМ2	
	Min. – балів	Max. – балів	Min. – балів	Max. – балів
Модульна контрольна робота 1	15	30		
Модульна			15	30

контрольна робота 2				
Виконання студентами самостійних робіт			5	6

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми*	Кількість годин		
		лекції	семінари/ практичні/ лабораторні	Самостійна робота
ЗМ1				
1	Тема 1 Вступ. Теоретичні основи елементів МЕМС. Ефекти масштабу в мікросистемній техніці. Електромеханічні аналогії.	2		6
2	Тема 2 Сенсори та актюатори. Ємнісні чутливі елементи. Індуктивні чутливі елементи. Електростатичні перетворювачі. Напівпровідникові датчики.	2	2	4
3	Тема 3 Тензорезистивні перетворювачі фізичних величин. Субмікронні магнітні сенсори. Датчики концентрації газів.	2		12
4	Тема 4. Матеріали для МЕМС. Електричні та механічні властивості кремнію. Вуглецеві форми матеріалів.	2	2	8
5	Тема 5. Напівпровідникові матеріали. Електричні та механічні властивості кремнію. Феромагнітні рідини.	2		6
6	Тема 6. Фотонні кристали. Кераміка. Полімерні матеріали. ДНК.	2		4
	Модульна Контрольна робота 1			
ЗМ2				
9	Тема 7. Математичні моделі типових елементів МЕМС.	2	2	12
10	Тема 8. Технології МЕМС. Технологія LIGA. MUMPS технологія виготовлення мікродвигуна.	2	2	8
11	Тема 9. Технологія SUMMIT і SUMMIT-V. Особливості травлення монокристалічного кремнію. Технологія HARPSS.	2	2	6
12	Тема 10. Міні-, Мікро- та нанороботи.	2		4
13	Тема 11. Наноімпринтинг або нанодруківана літографія. Нанотехнології само складання.	2	2	10
14	Тема 12. Методи дослідження в нанотехнологіях. Біотехнології. Нанобіологічні структури.	2	4	10
	Модульна контрольна робота 2			

ВСЬОГО¹	24	16	80
---------------------------	-----------	-----------	-----------

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **24 год.**

Лабораторні -**16 год.**

Самостійна робота - **80 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Micromachining Techniques for Fabrication of Micro and Nano Structures, ed. Mojtaba Kahrizi, InTech, 2012
2. Micromachining of Engineering materials, Ed. Joseph McGeough, Marcel Dekker Inc New York, 2002
3. Handbook of Silicon Based MEMS Materials and Technologies, eds. Veikko Lindroos, Markku Tilli, Ari Lehto and Teruaki Motooka, Oxford, Elsevier, 2010
4. Lyshevski, Sergey Edward, MEMS and NEMS: systems, devices, and structures, CRC Press LLC, N.W., 2002
5. N Mark J. Schulz, Vesselin N. Shanov, Yeoheung Yun - Nanomedicine Design of Particles, Sensors, Motors, Implants, Robots, and Devices (Artech House Series Engineering in Medicine & Biology) (2009). W., 2002,
6. Vikas Choudhary ed., MEMS fundamental technology and applications, CRC Press Taylor & Francis Group 2013
7. VIJAY KUMAR ed., NANOSILICON, Elsevier, 2007
8. І.В.А.Скришевський, Фізичні основи напівпровідникових хімічних сенсорів, Київ, Київський університет, 2006
9. S.M.Sze, Semiconductor Sensors, Wiley, New York, 1996.

Додаткова:

1. V. Skryshevsky, T.Serdiuk, Y.Zakharko, S.Alekseev, A.Géloën, V. Lysenko Preparation, Luminescent Properties and Bioimaging Application of Quantum Dots Based on Si and SiC, In: Functional Nanomaterials and Devices for Electronics, Sensors and Energy Harvesting. Ed. Alexei Nazarov, Francis Balestra, Valeriya Kilchytska, Denis Flandre, Springer, Switzerland, 2014, pp.323-348.
2. V.A.Skryshevsky. Porous Si Structures for Gas, Vapor and Liquid Sensing. In: Comprehensive Guide for Mesoporous Materials, Volume 3: Properties and Development Ed. Mahmood Aliofkhazraei, Nova Science Publishers Inc., US, 2015, pp. 123-146.

Інтернет -ресурси:

1. Іванов І. І., Скришевський В. А. Напівпровідникові сенсорні: навчально-методичний комплекс для студентів природничих спеціальностей КР «Магістр», 2018
[http://www.iht.univ.kiev.ua/e-library/Методичний комплекс Напівпровідникові сенсорні v03.pdf](http://www.iht.univ.kiev.ua/e-library/Методичний_комплекс_Напівпровідникові_сенсори_v03.pdf)
2. Навчальні посібники, які розроблено в рамках проекту TEMPUS №530785-TEMPUS-1-2012-1-PL-TEMPUS-JPCR <http://cad.lp.edu.ua/ua/project>

¹ У робочій програмі навчальної дисципліни для лекційних, семінарських, практичних і лабораторних занять зазначається *реальна* кількість годин (*кратне 2 год. – час тривалості пари*).