

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра нанофізики конденсованих середовищ



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Сучасні технології і матеріали MEMS приладів**

*(повна назва дисципліни)*

**для студентів**

галузь знань	16 «Хімічна та біоінженерія» <i>(шифр і назва)</i>
спеціальність	<b>162 Біотехнології та біоінженерія</b> <i>(шифр і назва спеціальності)</i>
освітній рівень	<b>магістр</b> <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i>
освітня програма	<b>Високі технології (біотехнологія)</b> <i>(назва освітньої програми)</i>
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

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

Викладач: Горбанюк Тетяна Іванівна

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*

**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

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «05» березня 2021 року № 5

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_



Наталя РУСІНЧУК

«05» 03 2021 року

## 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:*

K01. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

K02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K08. Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах.

K13. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

K14. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біотехнології в контексті загального розвитку науки і техніки.

K20. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових і прикладних досліджень, готувати наукові публікації, брати участь у наукових конференціях та інших заходах.

K23. Здатність розробляти/застосовувати комбіновані біотехнології за допомогою міждисциплінарних підходів, зокрема, з використанням технологій матеріалознавства та хімічних технологій.

**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			
I.1	Основні технології МЕМС. Матеріали для МЕМС. Top-down та Bottom-up процеси та методи контролю	Лекції, лабораторні	Модульна контрольна робота	13%
I.2	МЕМС прилади для транспортних та космічних застосувань, мікрофонів	Лекції, лабораторні	Модульна контрольна робота	12%

	<i>портативних пристроїв для медицини та гаджетів, мікроопто-електромеханічних систем для медицини та біології</i>			
1.3	<i>Прототипи та принципи роботи напівпровідникових хімічних сенсорів на основі МЕМС з використанням наноматеріалів</i>	<i>Лекції, Лабораторні</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	<i>10%</i>
1.4	<i>Технологію та властивості колоїдних розчинів квантових точок на основі Si, SiC, C та металів для датчиків, біовізуалізації та тераностіки..</i>	<i>Лекції, Лабораторні</i>	<i>Модульна контрольна робота</i>	<i>15%</i>
2.1	<i>Проводити літературний та патентний пошук аналогів та прототипів заданих МЕМС сенсорів</i>	<i>Лабораторні заняття, самостійна робота студента</i>	<i>Звіти та захисти лабораторних робіт</i>	<i>15%</i>
2.2	<i>Використовувати та аналізувати алгоритми розрахунку параметрів МЕМС сенсорів (метод нейронних мереж, метод головних компонент)</i>			<i>15%</i>
3.1	<i>Вміти донести інформацію до аудиторії про досягнення та проблеми сучасних пристроїв МЕМС</i>			<i>10%</i>
4.1	<i>Продемонструвати автономність та розуміння особистої відповідальності за професійні рішення при вивченні курсу</i>			<i>10%</i>

#### **6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

<b>Результати навчання дисципліни</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>
<b>Програмні результати навчання</b>									
ПР08. Планувати та управляти науково-дослідними, науково-технічними та/або виробничими проектами у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки, техніки та суспільства.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПР11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами, обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, інновації та/або управління виробництвом і біотехнології.								+	+
ПР18 Знаходити необхідну інформацію у науковій та довідниковій літературі, електронних базах, інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.	+	+	+	+				+	+
ПР19 Оцінювати актуальність досліджуваних наукових проблем, придатність відомих наукових методів для їх дослідження на основі аналізу наявних даних та публікацій у	+	+	+	+				+	+

провідних виданнях.									
ПР25 Застосовувати сучасні технології матеріало-знавства та хімічні технології для розробки/використання новітніх комбінованих біотехнологій.						+	+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульні контрольні роботи (2 роботи): 30 балів/18 балів.

2. Лабораторні роботи: 40 бали/24 бали

Усього: 100 балів/60 балів

#### - підсумкове оцінювання: відсутнє.

Оцінювання	Min	Max
Семестрове оцінювання	60	100
<b>Всього</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

### 7.2 Організація оцінювання:

Упродовж семестру, після завершення відповідних тем, проводиться письмова контрольна робота. Протягом семестру студенти працюють в аудиторії. Протягом семестру студенти мають виконати, підготувати звіт та усно захистити лабораторні роботи.

Умовою отримання позитивної результуючої оцінки за дисципліну є досягнення не менш як 60% від максимально можливої кількості балів.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

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

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<b>ЗМ1</b>				
1	<b>Тема 1</b> Вступ. Теоретичні основи елементів МЕМС. Ефекти масштабу в мікросистемній техніці. Електромеханічні аналогії.	2		6
2	<b>Тема 2</b> Сенсори та актуатори. Ємнісні чутливі елементи. Індуктивні чутливі елементи. Електростатичні перетворювачі. Напівпровідникові датчики.	2	2	4
3	<b>Тема 3</b> Тензорезистивні перетворювачі фізичних величин. Субмікронні магнітні сенсори. Датчики концентрації газів.	2		12
4	<b>Тема 4.</b> Матеріали для МЕМС. Електричні та механічні властивості кремнію. Вуглецеві форми матеріалів.	2	2	8
5	<b>Тема 5.</b> Напівпровідникові матеріали. Електричні та механічні властивості кремнію. Феромагнітні рідини.	2		6
6	<b>Тема 6.</b> Фотонні кристали. Кераміка. Полімерні матеріали. ДНК.	2		4
	<b>Модульна Контрольна робота 1</b>			
<b>ЗМ2</b>				
9	<b>Тема 7.</b> Математичні моделі типових елементів МЕМС.	2	2	12
10	<b>Тема 8.</b> Технології МЕМС. Технологія LIGA. MUMPS технологія виготовлення мікродвигуна.	2	2	8
11	<b>Тема 9.</b> Технологія SUMMIT і SUMMIT-V. Особливості травлення монокристалічного кремнію. Технологія HARPSS.	2	2	6
12	<b>Тема 10.</b> Міні-, Мікро- та нанороботи.	2		4
13	<b>Тема 11.</b> Наноімпринтинг або нанодруківана літографія. Нанотехнології само складання.	2	2	10
14	<b>Тема 12.</b> Методи дослідження в нанотехнологіях. Біотехнології. Нанобіологічні структури.	2	4	10
	<b>Модульна контрольна робота 2</b>			
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>80</b>

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – 24 год.

Практичні заняття - 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, Yeohung 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 Aliofkhaezai, Nova Science Publishers Inc.,US, 2015, pp. 123-146.

***Інтернет -ресурси:***

1. Іванов І. І., Скришевський В. А. Напівпровідникові сенсорі: навчально-методичний комплекс для студентів природничих спеціальностей КР «Магістр», 2018  
[http://www.iht.univ.kiev.ua/e-library/Методичний\\_комплекс\\_Напівпровідникові\\_сенсори\\_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>