

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра електрофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізичні принципи сенсорики

для студентів

рівень вищої освіти

другий (магістерський)

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

1

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

екзамен

Викладачі:

Валерій СКРИШЕВСЬКИЙ, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри нанофізики конденсованих середовищ.

Ірина ГАВРИЛЬЧЕНКО, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ.

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

Розробник:

Валерій СКРИШЕВСЬКИЙ, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри нанофізики конденсованих середовищ.

Сергій САВЕНКОВ, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри електрофізики.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри електрофізики

_____ Сергій САВЕНКОВ

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« __ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни - ознайомлення студентів з сучасними досягненнями в області створення напівпровідникових хімічних сенсорів, базовими фізичними явищами, які покладено в основу роботи сенсорів, оволодіння ними підходами до проведення вимірів токсичних та шкідливих газів та рідин за допомогою систем напівпровідникових сенсорів

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «**Фізичні принципи сенсорики**» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема таких як «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Атомна фізика», «Квантова механіка», «Диференціальні рівняння», «Математична фізика», «Радіоелектроніка», «Коливання та хвилі».

3. Анотація навчальної дисципліни:

У програмі дисципліни розглядаються фізичні явища, які покладено в основу роботи газових та біосенсорів, напівпровідникові структури мікро-, опто- та нано-електроніки, на основі яких створюються сенсори, алгоритми та методи вимірів параметрів цих структур, основи технології виробництва та метрології. Зокрема викладаються основні відомості про електронний ніс, методи обробки сигналів від мультисенсорів, газові сенсори на основі метал-оксидних напівпровідників та на основі поверхнево - бар'єрних структур (GasFET, ISFET, MIS); люмінесцентні, оптичні та електричні трансдюсери на основі нанокристалічних напівпровідників, сенсори на основі полімерів, акустичних хвиль, термічних та оптичних явищ.

4. Завдання (навчальні цілі)

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

Загальні компетентності:

- ЗК 6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 11. Здатність працювати в команді.
- ЗК 12. Навички міжособистісної взаємодії.

Фахові компетентності:

- ФК 3. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.
- ФК 4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження.
- ФК 7. Здатність брати участь в роботі колективів виконавців, у тому числі у міждисциплінарних проектах.
- ФК 8. Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень.
- ФК 13. Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок.
- ФК 14. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності.

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	студент повинен знати:	<i>Лекції</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	60%
1.1	Принцип роботи напівпровідникового електронного носу та хімічного сенсору.			
1.2	Основні характеристики хімічних сенсорів.			
1.3	Принцип дії польового транзистора як GasFET структури та рН метр на ISFET-структурі			
1.4	Сенсори провідності порошкового та плівкового типу. Лямбда-сенсори			
1.5	Електропровідні полімери. Об'ємні акустичні			

	хвилі. Поверхневі акустичні хвилі. Калориметричні сенсори. Сенсори на оптичному волокні			
1.6	Розмірно квантування в кремнії. Технологія отримання, морфологічні, структурні, оптичні та люмінесцентні властивості нанокремнію.			
1.7	Конструктивні особливості та характеристики люмінесцентних, оптичних, резистивних та бар'єрних сенсорів на нанокремнії			
2	студент повинен вміти :	<i>семинар</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	20%
2.1	Проводити літературний та патентний пошук аналогів та прототипів заданих сенсорів			
2.2	Використовувати та аналізувати алгоритми розрахунку параметрів матриць сенсорів (метод нейронних мереж, метод головних компонент)			
2.3	Пояснювати каталітичні та адсорбційно-десорбційні процеси на поверхні твердого тіла			
2.4	Працювати з ПК на рівні користувача, користуватись пакетами Microsoft Office та пакетами для програмування для аналізу параметрів сенсорів			
2.5	Провести розрахунок концентрації молекул аналізу із вимірів сигналів сенсорів резистивного типу			
2.6	Описувати еквівалентні схеми та розраховувати параметри калориметричних та акустичних мембранних сенсорів			
3	комунікація	<i>семинар</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	10%
3.1	Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію			
4	автономність та відповідальність	<i>Семинар, самостійна робота</i>	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	10%
4.1	продемонструвати автономність та розуміння особистої відповідальності за професійні рішення при вивченні курсу			

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни														
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	4.1
ПРН 3. Знання сучасних обчислювальних та інформаційних технологій								+			+				
ПРН 4. Знання іноземної мови								+			+			+	+
ПРН 5. Знання етичних та соціально-економічних основ сучасного суспільства														+	+
ПРН 6. Знаходити і аналізувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій								+			+			+	+
ПРН 9. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+		

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 – 1.7 [знання]- 60 %;
- результат навчання 2.1 – 2.6 [вміння] -30%;
- 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 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 5-8. 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.

підсумкове оцінювання (у формі іспиту): форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет іспиту 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] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня (15 і 5 балів відповідно), оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів.

умови допуску до підсумкового іспиту: умовою допуску до 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 іспиту 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.

7.2 Організація оцінювання:

	<i>ЗМ1</i>		<i>ЗМ2</i>	
	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>
Модульна контрольна робота 1	15	30		
Модульна контрольна робота 2			15	30
Виконання студентами самостійних робіт			5	6

Орієнтований графік оцінювання:

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання</i>
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	Кінець листопада-початок грудня
Виконання студентами самостійних робіт	початок грудня
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	грудень
Іспит	друга половина грудня

Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі іспиту:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	15	15	24	60
Максимум	30	30	40	100

7.3 Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій:

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	семінари	Самостійна робота
1	Напівпровідниковий електронний ніс і хімічний сенсор. Основні характеристики хімічних сенсорів. Адсорбційно-десорбційні процеси на поверхні твердого тіла.	2	1	6
2	Енергетична модель процесу адсорбції в метал-оксидах. Розрахунок концентрації адсорбованих молекул. Сенсори провідності порошкового та плівкового типу. Лямбда-сенсори	2	1	8
3	Принцип дії польового транзистора. Модель чутливості до водню Gas FET-сенсорів з паладієм. рН метр на ISFET-структурі. Сенсор на бар'єрі Шоттки. Метод Кельвіна. Потенціометричний сенсор зі світловою адресацією.	2	2	6
4	Властивості полімерів. Сенсори на основі електропровідних полімерів. Використання полімерів для розпізнавання адсорбованих молекул. Принцип дії іонноселективної мембрани. Об'ємні акустичні хвилі. Поверхневі акустичні хвилі.	2	2	8
	<i>Контрольна робота 1</i>			
5	Калориметричні сенсори. Мембранні сенсори. Термічний сенсор вологості. Сенсори на оптичному волокні. Оптод. Використання поверхнево-підсиленого комбінаційного розсіяння світла для сенсорів	2	2	8
6	Поверхневий плазмонний резонанс. Конфігурації Отто та Кретцмана для ПППР сенсорів. Алгоритми аналізу сигналів мультисенсорів.	2	2	8
7	Розмірно квантування в кремнії. Технологія отримання, морфологічні, структурні, оптичні та люмінесцентні властивості нанокремнію.	2	2	8
8	Електропровідність поруватого Si. Вплив адсорбції на електричні властивості. Конструктивні особливості та характеристики оптичних, люмінесцентних, резистивних, конденсаторних та бар'єрних сенсорів на нанокремнії.	2	2	8
	<i>Підсумкова модульна контрольна робота чи</i>			
	ВСЬОГО	16	14	60

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
 Лекції **16** год.
 Семінарські заняття **14** год.
 Самостійна робота **60** год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. В.А.Скришевський, Фізичні основи напівпровідникових хімічних сенсорів, Київ, Київський університет, 2006
2. S.M.Sze, Semiconductor Sensors, Wiley, New York, 1996.
3. Sensors (A Comprehensive Book Series): Chemical and Biochemical Sensors / eds W.Gopel, Weinheim.: VCH, 1991.- V.2
4. D.Kohl, Function and applications of gas sensors, J.Phys.D, 2001, V.34, p.125-149
5. Ristic L. Sensor Technology and Devices, Boston: Artech House, 1994.
6. M.Raesler, P.Mayer, Near-Field Optics. Theory, Instrumentations and applications, New York.: J.Wiley, 1996

Додаткова:

1. В.Ю.Первак, Ю.О.Первак, А.П.Шпак, К.Ю.Куницька . Фізика фотонних кристалів - К. Академперіодика, 2007.
2. Bisi O., Ossicini S., Pavesi L. Porous silicon: a quantum sponge structure for silicon based optoelectronics // Surface Sci. Reports, 2000. – Vol. 38.
3. Porous Semiconductors – Science and Technology. – Spain: Proc. Int. Conf., 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008,2010,2012,2014,2016.
4. Properties of Porous Silicon / Ed. L. Canham. – UK: Emis: INSPEC publ., 1997.