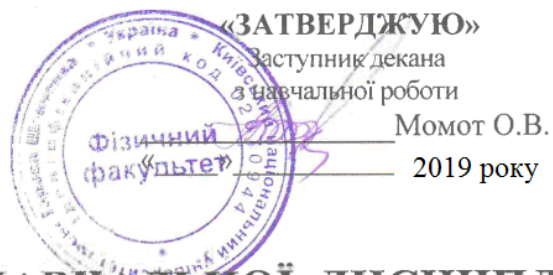


КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Наноструктурований кремній: властивості та використання
для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній ступінь магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізика наносистем
(назва освітньої програми)
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2019/2020
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: асистент Шевченко Вікторія Богданівна

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2020/2021 н.р. _____ «__»__ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

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

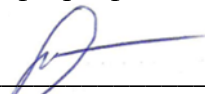
КИЇВ – 2019

Розробники¹: Шевченко Вікторія Богданівна, кандидат фіз.-мат. наук, асистент кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів



(підпис)

(Макара В.А.)


(прізвище та ініціали)

Протокол № 14 від «24» квітня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 21 від «10» травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

¹ Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (радї навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студента з фізико-хімічними основами створення наноструктурованого кремнію, методами його дослідження, властивостями матеріалу з різною структурою та особливостями його використання в приладах різного призначення.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Успішне опанування курсів загальної фізики таких як „Оптика” та спецкурсів “Наноструктурні матеріали”, „Фізика твердого тіла”, „Діагностика наносистем”.

Знання теоретичних основ, що викладалися в курсах „Квантова механіка”, „Квантова теорія твердого тіла”.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Наноструктурований кремній: властивості та використання» розглядаються основні типи наноструктурованого кремнію, взаємозв'язок структури та властивостей нанокремнію, вивчаються основні напрямки використання даного матеріалу. Мета вивчення дисципліни – ознайомити студента з фізико-хімічними основами створення наноструктурованого кремнію, методами його дослідження, властивостями матеріалу з різною структурою та особливостями його використання в приладах різного призначення.

Навчальна задача курсу полягає в ознайомленні студентів з основними типами нанокремнію, фізичними основами та методами формування кремнієвих наноструктур, особливостями оптичних, електричних та інших властивостей кремнію в наноструктурованому стані. Результати навчання полягають в умінні визначати основні структурні характеристики наноструктурованого кремнію та фізичні причини зміни властивостей кремнію при переході від монокристалічної до наноструктурованої форми. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – розвиток у студентів уявлень про фізичні явища і процеси в низькорозмірних кремнієвих структурах; освоєння студентами методів отримання та способів використання кремнію в наноструктурованому стані.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі фізики наносистем, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1)
- Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК2)
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел. (ЗК4)
- Здатність працювати в міжнародному науковому просторі. (ЗК5)
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання у фізиці (ЗК8)

Фахових:

- Володіння принципами структурної побудови наносистем (ФК1).
- Володіння методами створення наносистем. (ФК3).
- Здатність застосовувати знання основ напівпровідникової наноелектроніки (ФК7).
- Здатність застосовувати знання з нанофотоніки, оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах. (ФК8).

- Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних нанокompatитних матеріалів та методів їх отримання (ФК11).
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наносистем (ФК14).

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати структурні та фізичні властивості різних форм наноструктурованого кремнію, методи синтезу та напрямки його використання.	Лекції, самостійна робота	Усне опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	50
2.1	Вміти застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження та теоретичні методи опису фізичних властивостей наноматеріалів.	Лекції	Усне опитування в процесі лекцій	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
ПРН 1.1. Знати основи методології та організації наукових досліджень, основи інтелектуальної власності.	+	+
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-7: РН 1.1 – 25 балів / 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 8-15: РН 1.1 – 25 балів / 15 балів
3. Усне опитування в процесі лекцій: РН 1.1, 1.2 – 10 балів / 6 балів

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом під час заліку дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2. Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій з Розділів 1-2 відповідно.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРСЬКИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
Частина 1. Формування та основні структурні характеристики наноструктурованого кремнію				
1	Тема 1. Вступ. Різні структурні форми нанокремнію. Наноструктурований кремній - перспективний матеріал для використання в приладах різного призначення. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Поруватий кремній - модельний об'єкт для дослідження властивостей наноструктурних матеріалів.	2		4
2	Тема 2. Методи синтезу поруватого кремнію. Формування матеріалу методом електрохімічного травлення: процеси, що відбуваються під час анодування. Механізми формування поруватого кремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Використання методів хімічного та фотохімічного травлення для формування поруватого кремнію.	2		4
3	Тема 3. Особливості морфології та структури поруватих шарів та їх залежність від умов формування. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Створення композиційних матеріалів на основі поруватого кремнію.	2		4
4	Тема 4. Модифікація поверхні поруватого кремнію. Хімія поверхні поруватого кремнію та її вплив на властивості матеріалу. Вода в порах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Модифікація поруватого кремнію під час витримки в різних середовищах та в процесі хімічної обробки..	2		4
5	Тема 5. Методи формування кремнієвих нанониток. Синтез нанониток за механізмом пар-рідина-кристал.. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Формування масивів нанониток методом метал-стимульованого травлення кремнію.	2		4
6	Тема 6. Синтез кремнієвих нанокристалітів. Фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи виготовлення нанокремнію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Формування кремнієвих нанокристалітів в діелектричних матрицях та ізольованих наночастинок кремнію.	2		2

7	<p>Тема 7. Методи дослідження і контролю структури і властивостей нанокремнію.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Нові рентгенівські дифракційні методи аналізу мікроструктури і морфології нанокристалічних порошків.</p>	2		4
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
Частина 2. Фізичні властивості наноструктурованого кремнію та перспективні напрямки його використання..				
8	<p>Тема 8. Квантові розмірні ефекти в нанокремнії. Люмінесценція.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Моделі, що пояснюють природу фотолюмінесценції наноструктурованого кремнію.</p>	2		2
9	<p>Тема 9. Вплив молекулярного оточення на люмінесцентні властивості поруватого та нанокристалічного кремнію.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Фотосенсибілізована генерація синглетного кисню у поруватому кремнії.</p>	2		4
10	<p>Тема 10. Адсорбція на поверхні поруватого кремнію. Сенсори на основі цього матеріалу. Адсорбційна чутливість напівпровідникових структур на основі мікро-, макро- та нанопоруватого кремнію.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Адсорбційна чутливість електропровідності напівпровідників.</p>	2		4
11	<p>Тема 11. Оптичні властивості нанокомпозитів на основі поруватого кремнію, середовищ з нанокремнієм та щільних кремнієвих структур. Багатошарові поруваті структури. Створення світловодних елементів.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Інтерференційний фільтр Фабрі–Перо. Фотонні кристали.</p>	2		4
12	<p>Тема 12. Застосування наноструктурованого кремнію в біомедицині та біотехнологіях.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Використання поруватого кремнію в якості робочого елемента біологічних сенсорів.</p>	2		4
13	<p>Тема 13. Застосування нанокремнію в сонцезахистних засобах.</p> <p>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Особливості росту наноострівців германію на кремнії.</p>	2		4
14	<p>Тема 14. Застосування нанокремнію в сонячній енергетиці. Кремнієві сонячні елементи. Підвищення ККД сонячних елементів за допомогою нанокристалічного кремнію.</p>	2		4

	с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Антивідбиваючі покриття для сонячних елементів. Використання кремнієвих нанониток в сонячних елементах.			
15	Тема 15. Кремнієва одноелектроніка. Базова теорія кулонівської блокади. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Реалізація одноелектронних приладів. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи.	2		4
	<i>Підсумкова модульна контрольна робота</i>			2
	ВСЬОГО	30		60

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.², в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – 0 год.

Практичні заняття – 0 год.

Лабораторні заняття – 0 год.

Тренінги – 0 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – **60 год.**

² Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

1. Ищенко А.А., Фетисов Г.В., Асланов Л.А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 648 с.
2. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности. – Новосибирск: Из-во Новосибирского университета, 2000. – 448 с.
3. G. Korotcenkov; B. K. Cho Silicon Porosification: State of the Art // Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 2010, - 35, P.153.
4. Properties of Porous Silicon / Ed. L. Canham. - DERA: Malvern,UK, 1997. 405 p.
5. Cullis A.G., Canham L.T., Calcott P.D.J. The structural and luminescence properties of porous silicon // J.Appl.Phys.- 1997- 82, № 3.- P.909-965.
6. Головань Л. А., Тимошенко В. Ю., Кашкаров П. К. Оптические свойства нанокомпозитов на основе пористых систем // УФН. – 2007 – 177. С 619–638.
7. Тимошенко В. Ю., Кудрявцев А.А. и др. Кремниевые нанокристаллы как фотосенсибилизаторы активного кислорода для биомедицинских применений. // Письма в ЖЭТФ. – 2006 – 83, № 9.- С 492–495.
8. Ісаєв М.В., Шевченко В.Б., Войтенко К.В. Синтез та методи дослідження поруватого кремнію – Вінниця, 2017. – 138 с.

Додаткова:

1. Свечников С.В., Саченко А.В., Сукач Г.А. и др. Светоизлучающие слои пористого кремния: получение, свойства и применение (обзор) // Оптоэл. и полупр. техн.- 1994, вып. 27.- С.3-29.
2. Лабунов В.А., Бондаренко В.П., Борисенко В.Е. Пористый кремний в полупроводниковой электронике. // Зарубежная электронная техника.- 1978.- М.: ЦНИИ “Электроника”.- 1978.- 48 с.
3. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний – материал наноэлектроники. – Москва: Техносфера. 2007. – 352с.
4. Schmidt V., Wittemann J. V., Senz S., Gösele U.V. Silicon Nanowires: A Review on Aspects of their Growth and their Electrical Properties // Adv. Mater. 2009, Vol. 21, P. 2681.
5. Вашпанов Ю.А., Смынтына В.А. Адсорбционная чувствительность полупроводников.- Одесса: Астропринт. 2005.-216 с.