

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра нанofізики конденсованих середовищ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора
з науково-педагогічної роботи
Галина ГРАБЧУК
«22» березня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹

Основи високих технологій
для студентів

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність 102 Хімія

освітній рівень бакалавр

спеціалізація немає

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: професор Ільченко Володимир Васильович

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

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

КИЇВ – 2022

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробник:

Ільченко Володимир Васильович, доктор фіз-мат наук, професор кафедри нанофізики конденсованих середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри нанофізики конденсованих середовищ

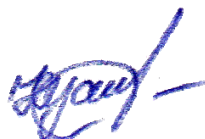
 Валерій Скришевський

Протокол № 5 від «19» квітня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією інституту високих технологій

Протокол від «13» травня 2022 року № 4

Голова науково-методичної комісії



Наталля Русінчук

ВСТУП

1. Мета дисципліни – (до 300 символів)

Метою вивчення дисципліни є ознайомлення студентів із основами технологій, що застосовуються для створення високотехнологічних пристроїв мікро- та наноелектроніки, а також вивчення фізичних, хімічних та технічних процесів, що використовуються в процесі їх розробки і створення. Розуміння явищ, покладених в основу роботи таких високотехнологічних пристроїв є необхідним як для можливого подальшого покращення властивостей таких приладів, так і для їх найбільш ефективного застосування. Крім того, в курсі вивчаються експериментальні методики, що використовуються для діагностики роботи ряду сучасних високотехнологічних приладів, які останнім часом застосовуються для проведення досліджень з метою покращення властивостей високотехнологічних приладів та показників їх надійності.

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

Навчальна дисципліна «**Основи високих технологій**» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема таких як «Математичний аналіз», «Електрика та магнетизм», «Квантова механіка», «Фізика напіпровідникових приладів».

3. Анотація навчальної дисципліни (до 700 символів):

В курсі детально розглядаються фізичні та хімічні основи сучасних високотехнологічних приладів мікро- та наноелектроніки, детально вивчаються методи фото- та електронної літографії, що широко застосовуються під час створення сучасних високотехнологічних приладів, значна увага приділяється вивченню властивостей нових функціональних матеріалів, методології створення інтегральних схем на основі нових матеріалів з використанням новітніх технологічних підходів, в тому числі на основі молекулярних, молекулярно-променеви, молекулярно-каталітичних, супрамолекулярних та ряду інших сучасних технологічних методів, що були реалізовані за допомогою скануючих зондових методик.

4. Завдання (навчальні цілі) (до 500 символів): (вказується, зокрема, на досягнення яких компетентностей випускника спрямована дана дисципліна. Загальні компетентності вказуються у відповідності до переліку затвердженого наказом МОН України від 01.06.2016 р. за №600)

Дисципліна є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітнього рівня „бакалавр” в якій акумулюються знання студентів, отриманих на молодших курсах з фізико-математичних дисциплін. Випускники повинні отримати знання про технологічні методи, що застосовуються для створення сучасних приладів мікро- та наноелектроніки, різноманітні експериментальні методи дослідження властивостей нових матеріалів, що використовуються для створення сучасних високотехнологічних приладів, а також їх діагностики та надійності. Найбільш важливою складовою курсу є формування компетентностей, що дозволятимуть використовувати знання про новітні матеріали та сучасні експериментальні методики для створення високотехнологічних приладів, що буде сприяти застосуванню їх знань, умінь, навичок і комунікацій у їх подальшій професійній діяльності.

Навчальні цілі дисципліни спрямовані на досягнення таких загальних та фахових компетентностей:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.

ФК1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

ФК12. Розуміння ключових концепцій, принципів і теорій, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

ФК13. Здатність застосовувати нестандартні методи та рішення для вирішення прикладної та наукової проблеми області хімії.

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*)		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:	Лекції	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	60%
1.1	Високі технології та їх значення для економічного розвитку. Технологічні уклади. Електроніка та її різновиди. Інтегральні мікросхеми та їх класифікація. Гібридні інтегральні мікросхеми та їх особливості.			
1.2	Механізми формування діоду Шотткі. Методику розрахунку профіля потенціалу в ОПЗ та ємності діода в залежності від прикладеної напруги. Випрямляючі властивості діоду Шотткі. Вплив наявності діелектричного проміжку на властивості контакту метал-напівпровідник.		--	
1.3	Методику розрахунку профіля потенціалу в P-N переході. Реальний розподіл домішок в P-N переході. Вольт-амперна характеристика P-N переходу.			
1.4	Епітаксія та її особливості. Молекулярно-променева епітаксія та її застосування для виготовлення сучасних елементів інтегральних схем.			
1.5	Методи окислення напівпровідників. Сухе та вологе окислення кремнію. Фізичні моделі та особливості технологічного процесу окислення кремнію.			
1.6	Літографічні методи та способи їх реалізації в мікроелектроніці. Можливості оптичної, рентгенівської, електронної та іонної літографії.			
1.7	Травлення та техніка масок. Йонне та хімічне травлення. Легування, дифузія. Перший та другий закони Фіка та їх використання при виготовленні шарів напівпровідникових приладів. Розподіл домішок, отриманий за рахунок дифузії із обмеженого та			

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

*

	нескінченного джерела.			
1.8	Методи нанесення тонких плівок. Металізація. Термічне та катодне напилення. Напилення електронним променем. Розпилення в плазмі різних матеріалів. Плазменна обробка напівпровідників. Отримання тонких та товстих плівок в мікроелектронній технології.			
2	студент повинен вміти :	<i>семінар</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	30%
2.1	Працювати з ПК на рівні користувача, користуватись пакетами Microsoft Office та пакетами для програмування			
2.2	Користуватись Довідниками з табличними параметрами напівпровідникових матеріалів, переводити позасистемні одиниці в основні та похідні міжнародної системи одиниць вимірювання СІ.			
2.3	Розраховувати параметри напівпровідникових транзисторних структур N-P-N та P-N-P, пояснювати залежність їх властивостей у випадку вертикального та горизонтального транзистору для багатоемітерних та багатоклекторних транзисторів в залежності від типів конструкцій.			
2.4	Розраховувати характеристики транзисторних диференціальних каскадів з урахуванням їх конструктивних особливостей, застосовувати диференціальні каскади для покращення властивостей підсилювачів та вміти застосовувати операційні підсилювачі(ОП), використовувати диференціальні каскади для створення логічних та запам'ятовуючих пристроїв, а також цифрових елементів електроніки.			
2.5	Розраховувати основні параметри МДН транзисторів, їх характеристики, враховувати при цьому ефект насичення струму в каналі, особливості конструкцій МДН транзисторів, засоби зменшення порогової напруги та методи покращення швидкодії, що застосовуються в НЕМТ транзисторах.			
2.6	Розраховувати основні параметри запам'ятовуючих пристроїв у випадку застосування постійних, статичних та динамічних запам'ятовуючих комірок(ЗК), розраховувати граничні частоти та параметри потужності для приладів з зарядовим зв'язком(ПЗЗ) з урахуванням конструктивних особливостей різних типів ПЗЗ.			
4	автономність та відповідальність	<i>Семінар, 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

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	4.1
Програмні результати навчання														
ПРН26. Розуміти зміну/появу біологічної функції при перебігу біохімічних перетворень.	+	+	+	+	+	+	+	+						
ПРН29. Розуміти взаємозв'язок хімічних та фізичних властивостей речовин.									+	+	+	+	+	+

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 – 1.8 [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 1-5, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 6-11. 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 Оптичних та фотоелектричних явищ в конденсованих середовищах. Обов'язковим для допуску до іспиту є написання 1-ї та 2-ї модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 20 балів.

підсумкове оцінювання (у формі іспиту): форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет іспиту складається із 2 питань, кожне питання оцінюється від 0 до 15 балів та задачі, яка оцінюється від 0 до 10. 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 20 балів за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 20 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	10	30		
Модульна контрольна робота 2			10	30
Виконання студентами самостійних робіт			5	6

Орієнтований графік оцінювання:

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання</i>
Модульна контрольна робота 1	кінець березня
Модульна контрольна робота 2	кінець травня
Виконання студентами самостійних робіт	січень-лютий
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	квітень-травень
Іспит	червень

Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі іспиту:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>24</i>	<i>60</i>
Максимум	30	30	40	100

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми*	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
Частина 1 Фізичні, хімічні, біологічні та технічні основи високотехнологічних приладів				
1	Тема 1 Вступ. Високі технології та їх значення для економічного розвитку. Технологічні уклади. Електроніка та її різновиди. Інтегральні мікросхеми та їх класифікація. Гібридні інтегральні мікросхеми та їх особливості.	2		
2	Тема 2. Формування діоду Шоттки. Розрахунок профіля потенціалу в ОПЗ та ємності діода в залежності від прикладеної напруги. Вольт-амперна характеристика діоду Шоттки. Вплив наявності діелектричного проміжку на властивості контакту метал-напівпровідник.	4	2	
	Тема 3. Розрахунок профіля потенціалу в P-N переході. Реальний розподіл домішок в P-N переході. Вольт-амперна характеристика P-N переходу. Ідеальна та реальна ВАХ P-N переходу. Розрахунок положення рівня Фермі в напівпровіднику в залежності від концентрації легуючої домішки та температури. Співвідношення Ейнштейна.	7	2	
	Тема 4. Епітаксія та її особливості. Молекулярно-променева епітаксія та її застосування для виготовлення сучасних елементів інтегральних схем. Методи окислення напівпровідників. Сухе та вологе окислення кремнію. Фізичні моделі та особливості технологічного процесу окислення кремнію.	3		
	Тема 5. Літографічні методи та способи їх реалізації в мікроелектроніці. Можливості оптичної, рентгенівської, електронної та іонної літографії літографії. Травлення та техніка масок. Йонне та хімічне травлення. Легування, дифузія. Перший та другий закони Фіка та їх використання при виготовленні шарів напівпровідникових приладів. Розподіл домішок, отриманий за рахунок дифузії із обмеженого та нескінченного джерела. Методи нанесення тонких плівок. Металізація. Термічне та катодне напилення. Напилення електронним променем. Розпилення в плазмі різних матеріалів. Плазменна обробка напівпровідників. Отримання тонких та товстих плівок в мікроелектронній технології.	4	2	
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>	x	x	
	<i>Всього</i>	20	6	
Частина 2 Елементи інтегральних схем				
	Тема 6. Особливості ізоляції елементів в мікроелектроніці. Ізоляція V-канавками. ЕПК процес. Інші засоби ізоляції елементів в мікроелектроніці. N-P-N та P-N-P транзистори. Їх властивості та особливості конструкцій. Типові конструкції вертикального та горизонтального транзисторів. Транзистор з бар'єром Шоттки. Супербета транзистор. Багатомітерні та багатоколекторні транзистори.	4	2	
	Тема 7. Напівпровідникові резистори. Питомий опір шару. Пінч-резистор. Тонкоплівкові резистори. Напівпровідникові конденсатори в мікроелектроніці. Тонкоплівкові конденсатори в мікроелектроніці. Індуктивність в мікроелектроніці. Використання транзисторних структур як резисторів та конденсаторів в мікроелектроніці.	4		
	Тема 8. Польові транзистори в мікроелектроніці. МДН транзистор-базовий елемент сучасної мікроелектроніки. Основні характеристики МДН транзисторів. Ефект насичення струму в каналі. Особливості конструкцій МДН транзисторів. Засоби зменшення порогової напруги та покращення швидкодії. НЕМТ транзистори. Цифрові	4	2	

	елементи мікроелектроніки. Реалізація ключів, логічних елементів. Диференціальний каскад, його конструктивні та електрофізичні властивості. Використання диференціальних каскадів для створення операційних підсилювачів. Використання диференціальних каскадів для створення логічних елементів та запам'ятовуючих пристроїв.			
	Тема 9. Запам'ятовуючі пристрої в мікроелектроніці. Постійні, статичні та динамічні електронні запам'ятовуючі пристрої(ЗП). ППЗЗ та їх конструкція. Прилади з зарядовим зв'язком(ПЗЗ). Трифазний ПЗЗ. Граничні частоти ПЗЗ. Конструктивні особливості різних типів ПЗЗ та характерні фізичні властивості.	6	2	
	Тема 10. Функціональні прилади електроніки. Акустоелектронні, оптоелектронні та магнітоелектронні прилади. Принципи функціонування та приклади їх застосування в електроніці. Скануючі зондові системи, як засіб створення нових приладів наноелектроніки.	4	2	
	Тема 11. Надійність інтегральних схем. Крива відмов. Заходи для забезпечення підвищення надійності інтегральних схем.			
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>	x	x	
	<i>Всього</i>	22	8	
	ВСЬОГО²	42	14	

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 56 год.³, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **42** год.

Семінари – **0** год.

Практичні заняття - **14** год.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Індивідуальні розрахункові завдання – див. Пека Г.П., Третяк О.В., Кислюк В.В. Збірник задач з фізики напівпровідників та напівпровідникових приладів., К. Київський університет, 2002. -89с.

9. Рекомендовані джерела⁴:

1. Буднік М.М., Войтович І.Д., Ільченко В.В., Корсунський В.М. Фізико-технологічні основи наноелектроніки. Навчальний посібник. – Київ: Інтерсервіс, 2015. – 383 с.
2. Павлов С.М. Основи мікроелектроніки. Навчальний посібник. ВНТУ. Вінниця. 2010. – 224 с.
3. О.В.Третяк, В.З.Лозовський, Основи фізики напівпровідників, ВПЦ КУ, т.2, 2008.
4. Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. - Київ: Кондор; Політехніка, 2003. – 388 с.
5. Левитський С.М. Напівпровідникові прилади: Навчальний посібник для студентів радіофізичного фак-ту. - Київ: Київський університет, 2000. - 108с.
6. Коршак Є.В. Фізичні властивості напівпровідників та їх застосування. - К, 1973. - 87с.

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

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

⁴ В тому числі Інтернет ресурси

7. Дойніков Л.І. Аморфні напівпровідники: від ідеї до виробництва. - К, 1984. - 47с.
8. Бродовий В.А., Ільченко В.В., Кільчицька С.С., Пулемьотов Д.О., Россохатий В.К., Шкавро А.Г. Практикум з технології напівпровідників та фізики напівпровідникових приладів. - К, 1995. – 146 с.
9. Пека Г.П., Холодар Г.А., Білодід О.І., Ільченко В.В., Кільчицька С.С., Шкавро А.Г., Стріха М.В. Практикум з фізики напівпровідників та напівпровідникових приладів. Учебний посібник. - Київ, 1990, 196 с.

10. Додаткові ресурси (за наявності):