

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально-науковий інститут високих технологій

Кафедра нанofізики конденсованих середовищ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

«24» травня 2022 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА МЕТОДИ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

(повна назва робочої дисципліни)

для студентів

галузь знань **10 Природничі науки**
спеціальність **105 Прикладна фізика та наноматеріали**
освітній рівень **Бакалавр**
освітня програма **Нанofізика та комп'ютерні технології**
вид дисципліни **вibіркова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2023/2024
Семестр	7, 8
Кількість кредитів ECTS	7
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладач:

Шкавро Анатолій Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанofізики конденсованих середовищ

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

КИЇВ – 2022


Розробники:

Шкавро Анатолій Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ

Гаврильченко Ірина Валеріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри нанофізики конденсованих середовищ

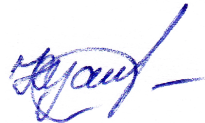
 Валерій Скришевський

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



Русінчук Н. М.

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Електронні прилади та методи їх проектування» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 10 «Природничі науки» зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньої програми «Нанофізика та комп'ютерні технології».

Дана дисципліна входить у блок вільного вибору студента «Комп'ютерні технології в природничих науках»

1. Мета дисципліни – вивчення фізичних основ роботи основних елементів електроніки, ознайомлення з методами їх розробки, схемними властивостями та застосуванням в якості дискретних приладів та елементів інтегральних схем.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Електронні прилади та методи їх проектування» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема, «Електродинаміка», «Диференціальні рівняння», «Математична фізика», «Радіоелектроніка», «Основи фізики конденсованих середовищ», «Оптичні та фотоелектричні явища конденсованих середовищ»

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна " Електронні прилади та методи їх проектування" розглядає формування та електрофізичні характеристики структур метал-напівпровідник, напівпровідник-напівпровідник, метал-діелектрик-напівпровідник та напівпровідникових приладів на їх основі, інших напівпровідникових приладів, в тому числі приладів НВЧ електроніки. Матеріал дисципліни сприяє поглибленню знань отриманих в курсах радіоелектроніки, комп'ютерної техніки, автоматизації і є базовим для вивчення мікроелектроніки, оптоелектроніки, та інших спецкурсів.

Для формування практичних навичок дослідження приладів в навчальній дисципліні передбачено 2 цикли лабораторних робіт.

4. Завдання (навчальні цілі):

Навчання дисципліні має на меті розвинути у студентів такі загальні та фахові компетентності:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою якусно так і письмово.

ЗК06. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК09 Здатність працювати автономно.

ЗК14 Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК16 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК17 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ФК1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.

ФК3 Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

ФК4 Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.

ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК7 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

ФК8 Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.

ФК9 Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню

нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів чи удосконалення існуючих.

ФК10 Здатність реалізувати автоматизацію експериментальних досліджень у різних сферах науки із використанням сучасних комп'ютерних технологій.

ФК11 Здатність використовувати комп'ютерні технології при проектуванні, розробці та діагностиці електронного обладнання.

ФК12 Вибірковий блок 2 Знання фізичних основ сучасного експериментального обладнання та вміння застосовувати їх до вибору, проектування, виготовлення та удосконалення вимірювальних приладів для застосувань у природничих науках.

5. Результати навчання за дисципліною:

1 семестр

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 (проміжний контроль)
Код	Результат навчання			
1.1	<i>Знати</i> класифікацію, номенклатуру, призначення та перелік основних параметрів приладів сучасної електроніки	Лекції, самостійна робота студентів.	контрольні роботи,	10
1.2	<i>Знати</i> Основні технології, особливості формування та конструкції приладів в залежності від їх призначення.	Лекції, самостійна робота студентів.	контрольні роботи,	15
1.3	<i>Знати</i> Основні фізичні моделі та теорії, що описують електрофізичні характеристики приладів, їх залежність від параметрів матеріалів та зовнішніх впливів.	Лекції, самостійна робота студентів.	контрольні роботи,	10
2.1	Будувати зонні діаграми структур напівпровідникової електроніки	лекційні заняття, консультації, практичні	контрольні роботи,	15
2.2	Розраховувати розподіл полів, потенціальної енергії, концентрацій носіїв, густини заряду та густини струму у приладах	лекційні заняття, консультації, практичні	контрольні роботи,	10
2.3	Розраховувати електрофізичні характеристики приладів з врахуванням особливостей структури, умов та режиму роботи	лекційні заняття, консультації, практичні	контрольні роботи,	15
3.1	здатність виділяти суть питання, формулювати лаконічну та вичерпну відповідь, чітко формулювати запитання, вести професійну дискусію.	лекційні заняття, консультації		15
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	Самостійна робота	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	10

2 семестр

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	<i>Знати</i> Еквівалентні схеми та залежність параметрів приладів від частоти, перехідні процеси та шумові властивості, методи їх дослідження.	Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота студентів.	контрольні роботи, оцінювання виконання завдань	10
1.2	<i>Знати</i> Основи технології виготовлення структур з заданими електрофізичними характеристиками	Лекції, практичні, самостійна робота студентів.	контрольні роботи,	20
1.3	<i>Знати</i> Застосування дискретних приладів, сенсорів, тестових структур, та елементів інтегральних схем.	Лекції, практичні, самостійна робота студентів	контрольні роботи,	20
2.1	Вимірювати експлуатаційні характеристики приладів та за результатами вимірювань визначати особливості моделі та фізичні параметри структур	Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота студентів.	Оцінювання знання методів, виконання та звітів лабораторних робіт	20
2.2	Користуватись довідниками та іншими джерелами для вибору приладів максимально придатних для вирішення конкретної задачі.	Практичні, лабораторні роботи, самостійна робота студентів.	Контрольні роботи, оцінювання звітів лабораторних робіт	10
3.1	здатність виділяти суть питання, формулювати лаконічну та вичерпну відповідь, чітко формулювати запитання, вести професійну дискусію.	лекційні заняття, консультації		10
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	Самостійна робота	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

1 семестр

Результати навчання дисципліни (код)								
Програмні Результати навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	1.4
ПРН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	+			+	+	+	+	
ПРН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.		+	+		+	+		+
ПРН5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики		+		+	+		+	
ПР6 Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.						+	+	+
ПРН08 Вільно спілкуватися з професійних питань державною та англійською мовами усно та письмово.	+	+	+				+	+
ПРН10 Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.				+			+	+
ПРН11 Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.	+	+	+				+	+
ПРН16. представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі.	+			+	+		+	+
ПР19-2 Вибірковий блок 2: На основі отриманих знань проєктувати та створювати автоматизовані експериментальні установки для проведення досліджень в природничих науках.				+				
ПР20-2 Вибірковий блок 2: Обслуговувати, діагностувати та удосконалювати існуючі експериментальні установки, що використовуються для різних потреб в галузі фізики, хімії та біології.				+				

Результати навчання дисципліни (код)								
Програмні Результати навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	1.4
ПРН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	+			+	+	+	+	
ПРН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.		+	+		+	+		+
ПРН5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики		+		+	+		+	
ПР6 Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.						+	+	+
ПРН08 Вільно спілкуватися з професійних питань державною та англійською мовами усно та письмово.	+	+	+				+	+
ПРН10 Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.				+			+	+
ПРН11 Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.	+	+	+				+	+
ПРН16. представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі.	+			+	+		+	+
ПР19-2 Вибірковий блок 2: На основі отриманих знань проєктувати та створювати автоматизовані експериментальні установки для проведення досліджень в природничих науках.				+				
ПР20-2 Вибірковий блок 2: Обслуговувати, діагностувати та удосконалювати існуючі експериментальні установки, що використовуються для різних потреб в галузі фізики, хімії та біології.				+				

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами поточної роботи на семінарських заняттях, за результатами виконання самостійних завдань та написання письмових контрольних робіт. Вклад результатів навчання у підсумковий бал, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.5 [знання] до 50 %;
- результат навчання 2.1 – 2.5 [вміння] – до 35%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 10%.

семестрове оцінювання: контроль здійснюється за таким принципом. Дисципліна викладається протягом двох семестрів, перший з яких завершується проміжним контролем.

Перший навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 5-9. 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 та розбиратися в роботі конкретних приладів. Оцінка за семестр формується як сума балів за змістовні модулі, за перший цикл лабораторних робіт та за колоквиум, який проводиться наприкінці семестру. Умовою допуску до колоквиуму є отримати

не менше 10 балів за кожен з двох модулів, та успішне виконання (мінімум 12 балів з 20) першого циклу лабораторних робіт.

Другий навчальний семестр також має два змістові модулі: у змістовий модуль 3 (ЗМ3) входять теми 1-4, у змістовий модуль 4 (ЗМ4) входять теми 5-9. Після завершення відповідних тем проводяться дві письмові модульні контрольні роботи. Оцінка за семестр формується як сума балів за змістовні модулі, за другий цикл лабораторних робіт та балів, отриманих на іспиті який проводиться наприкінці 8-го семестру. Умовою допуску до іспиту є отримати не менше 10 балів за кожен з двох модулів, та успішне виконання (мінімум 12 балів з 20) другого циклу лабораторних робіт. Додатковою умовою допуску до іспиту є позитивна оцінка результатів вивчення першої частини дисципліни (результат проміжного контролю 7-го семестру не менше 60 балів зі 100).

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту): форма іспиту – письмово-усна. Завдання на залік складається із 3 обов'язкових та 1 додаткового питання. Письмова відповідь на кожне обов'язкове питання оцінюється від 0 до 10 балів. Усна відповідь на додаткове питання також оцінюється з 10 балів. В разі високої семестрової оцінки та оцінки за обов'язкові питання замість неї може бути використана усереднена оцінка за обов'язкові питання та модулі. Всього на іспиті можна отримати від 24 до 40 балів (сумарний балів на іспиті не може бути меншим за 24).

Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є позитивна оцінка (не менше 60 балів зі 100) за 7-й семестр, та отримання не менш ніж 60 балів зі 100 за 8-й семестр. Остаточна оцінка за навчальну дисципліну розраховується як середня за 7-й та 8-й семестри з ваговими коефіцієнтами 1 та 2, відповідно. при цьому бали за результатами навчання 2 [вміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня (15 і 5 балів відповідно), сумарний балів на заліку не може бути меншою за 24.

- **умови допуску до іспиту:** умовою допуску до заліку 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 доздають 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 (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтованого графіку оцінювання):

Оцінювання за формами контролю:

	<i>ЗМ1</i>		<i>ЗМ2</i>		<i>ЗМ3</i>		<i>ЗМ4</i>		<i>Підсумковий контроль</i>	
	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
Модульна контрольна робота 1	4	15								
Модульна контрольна робота 2			4	15						
Модульна контрольна робота 3					4	15				
Модульна контрольна робота 4							4	15		
Виконання студентами самостійних робіт	1	5	1	5	1	5	1	5		
Колоквіум									24	40
Іспит									24	40

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
Результат поточного контролю виконання студентами самостійних робіт (7-й семестр)	грудень
Результат поточного контролю виконання студентами самостійних робіт (8-й семестр)	травень
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	грудень, травень
Проміжний контроль (колоквіум)	друга половина грудня
Іспит	червень

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 та семінарських занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі			
		Лекції	практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота
1 семестр					
Змістовий модуль 1. КОНТАКТ МЕТАЛ-НАПІВПРОВІДНИК					
1	Вступ. Предмет та задачі курсу. Явища що лежать в основі роботи напівпровідникових приладів. Класифікація приладів. Базові напівпровідникові структури.	2	-	-	2
2	Робота виходу і контактна різниця потенціалів. Контакт метал-напівпровідник. Запірний і антизапірний шар. Шар Шоттки. Розподіл поля та потенціалу в шарі Шоттки. Ємність шару Шоттки. Вольт-фарадна та вольт-амперна характеристика КМН.	4	-	0	8
3	Реальна модель діода з бар'єром Шоттки. Особливості електрофізичних характеристик реального діода Шоттки. Коефіцієнт ідеальності. Омичні контакти.	6	-	3	14
Змістовий модуль 2. <i>p-n</i>- ПЕРЕХІД, ГЕТЕРОПЕРЕХІД, МДН-СТРУКТУРА					
4	Електронно-дірковий перехід. Методи формування. Різкий та плавний <i>p-n</i> -перехід. Розподіл потенціалу в різкому <i>p-n</i> -переході. Бар'єрна ємність різкого <i>p-n</i> -переходу.	2	-	-	4
5	Бар'єрна ємність плавно <i>p-n</i> -переходу. Вплив глибоких рівнів на ємність <i>p-n</i> -переходу	2	-	0	4
6	Інжекція неосновних носіїв в <i>p-n</i> -переході. ВАХ тонкого <i>p-n</i> -переходу за малого рівня інжекції. Формула Шоклі. Особливості ВАХ реального діода з <i>p-n</i> -переходом. Пробій <i>p-n</i> -переходу.	2	-	-	6
7	Еквівалентна схема діода з <i>p-n</i> -переходом. Дифузійна ємність. Частотні властивості діода. Перехідні процеси	4	-	3	4
8	Гетеропереходи. Зонні діаграми гетеропереходів. Товщина області просторового заряду та ємність гетеропереходу. ВАХ гетеро переходу.	2			4

9	МДН - структура. Зонні діаграми та електрофізичні характеристики ідеальної МДН - структури. Не рівноважна вольт - фарадна характеристика МДН – структури.	2		2	4
10	Вплив початкового вигину зон та поверхневих станів на вольт - фарадні характеристики МДН -структури.	2	-	-	4
Всього в 1 семестрі		28	0	8	54
2 семестр					
Змістовий модуль 3. ДІОДИ ТА ПРАНЗИСТОРИ					
1	Напівпровідникові діоди . Особливості електрофізичних характеристик діодів, що обумовлюють їх використання в якості приладів. Випрямні діоди, стабілітрони, імпульсні діоди та діоди з швидким відновленням, параметричні діоди та варактори, фотодіоди, сонячні елементи, світлодіоди та лазери, детектори та змішувачі	4	-	6	12
2	Біполярний транзистор. Принцип роботи транзистора. Статичні характеристики та параметри біполярного транзистора за різних схем включення. Еквівалентна схема біполярного транзистора. Частотні характеристики біполярного транзистора та шляхи їх покращення. Робота транзистора в імпульсному режимі. Топологія та конструкція транзисторів різного призначення. Магнітотранзистор, фототранзистор, транзисторний оптрон, оптоелектронний транзистор.	4	-		12
3	Польові транзистори. Принцип роботи і статичні характеристики та параметри польового транзистора з <i>p-n</i> - переходом в якості затвору. Еквівалентна схема і частотні властивості польового транзистора з <i>p-n</i> - переходом в якості затвора. Польові транзистори з бар'єром Шоттки в якості затвору.	4	-	0	12
4	Принцип роботи польових транзисторів з ізольованим затвором. Транзистори з вбудованим та індукованим каналом. Статичні характеристики та параметри польових транзисторів з ізольованим затвором. Еквівалентна схема і частотні властивості транзистора, шляхи їх покращення. Транзистор з плаваючим затвором. Енергонезалежна пам'ять на польових транзисторах. Особливості топології та конструкції польових транзисторів.	4	-		12

Змістовий модуль 4. ДВОПОЛЮСНИКИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ, ПІДСИЛЕННЯ ТА ПЕРЕМИКАЧІ					
5	Двополюсники для генерації та підсилення сигналів. Тунельний діод, та його характеристики в області від'ємної диференціальної провідності. Лавино-пролітний діод. Генератори та підсилувачі на ЛПД. Інжекційно-пролітний діод. Прилади на ефекті міждолинного переходу електронів. Діод Ганна та режими його роботи.	4	-	4	10
6	Прилади з від'ємним диференціальним опором. ВАХ S та N – типу. Інжекційні та лавинні S - діоди. Лавинний транзистор. Одноперехідний транзистор. Інтегральна структура – одно перехідний транзистор з польовим транзистором.	4	-	2	10
7	Тиристор. Базова структура тиристора. ВАХ тиристора та її характерні ділянки. Двотранзисторна модель тиристора. Умови вмикання тиристора. Методи вмикання тиристора. Процес вмикання та вимикання тиристорів. Симетричний тиристор, його ВАХ та механізм перемикавання. Застосування тиристорів. Методи покращення характеристик тиристорів. Спеціальні тиристири. Тиристор зі зворотною провідністю, тиристор, що вимикається, оптотиристор.	4			12
Всього в 2 семестрі		28	0	12	80
Всього за рік		56		20	134

Загальний обсяг **210 год.**, в тому числі:

Лекції – 56 год

Лабораторні– 20 год.

Самостійна робота -134 год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. - Москва: Мир, 1984, Т.1. -453 с.
2. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. - Москва: Мир, 1984, Т.2. - 455 с.
3. Технология СБИС под.ред. С.Зи В 2-х томах 1986
4. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов.- М.: Сов. радио, 1980. – 296 с.
5. Питер Ю, Мануель Кардона Основы физики полупроводников. Москва, Физматлит, 2002, 560 с.
6. Фаренбурх А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
7. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов. Томск. Изд-во Том. Унив. 1989 336 с.
8. А.Г.Шкавро А.Г. Практикум з фізики напівпровідникових приладів. Ч.ІІ. Київ: КНУ, 2007, -60 с.
9. Стриха В.И. Бузанева Е.В. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике. Москва. Радио и связь. 1987., 256 с.

10. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.Д. Полупроводниковые приборы. Учебник для специальности “Полупроводники и диэлектрики” вузов. М., “Высш. Школа”, 1973. 398 с.
11. Пожела Ю., Юцене В. Физика сверхбыстродействующих транзисторов. - Вильнюс, 1985.
12. Kwok K.NG Complete guide to semiconductor Devices с. New York, 628 с.
13. Nicollian E. H., Brews J. R. MOS (Metal Oxide Semiconductor). Physics and Technology./ 1988, 829 p.
14. Шарма Б. Л., Пурохит Р. К. Полупроводниковые гетеропереходы: Пер. с англ./ Под ред. Ю. В. Гуляева.—Москва: Сов. радио, 1979, 232 с.
15. Блихер А. Физика тиристорov: Пер. с англ./Под ред. И. В. Грехова.—Ленинград: Энергоиздат. 1981.—264 с.