


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Фізичний факультет
Кафедра прикладної фізики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан фізичного факультету

 Лазур В.ІО.
« 23 » травня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАПІВПРОВІДНИКОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Освітній рівень:	Перший (бакалаврський)
Галузь знань:	10 Природничі науки
Спеціальність:	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма:	Прикладна фізика та наноматеріали
Статус дисципліни:	Вибіркова
Мова навчання:	Українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Напівпровідникова електроніка» для здобувачів вищої освіти галузі знань №10 «Природничі науки» спеціальності №105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньо- професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», 2024 р. – 12 с.

Розробник: к.ф.-м.н., доц. Феделен В.І.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол № 11 від « 25 » квітня 2024 р.

Завідувач кафедри прикладної фізики  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету
Протокол № 7 від « 7 » травня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Рубіш В.В.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 120	4- й	
Кількість модулів – 2	Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студентів – 4	7- й	
	Лекції	
	36 год.	
	Практичні (семінарські)	
	-	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні	
	24год	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота	
	60 год	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/60

для заочної форми навчання – відсутня

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета навчальної дисципліни «**Напівпровідникова електроніка**»: формування знань про фізичні основи, будову і параметри напівпровідникових приладів, функціонування схем на їх основі, вибір та застосування пристроїв у системах керування та статичних перетворювачах, а також набуття необхідних практичних навиків побудови та аналізу електронних схем. Завдання навчальної дисципліни: вивчення принципів будови основних електронних пристроїв інформаційної та енергетичної електроніки, методів їхнього розрахунку та областей застосування з виробленням умінь оцінювати техніко-економічну ефективність застосування електронних пристроїв, визначати їхні параметри, кваліфіковано формулювати завдання на розробку електронної апаратури та оцінювати її сумісність з іншими пристроями, вироблення уявлення про принципи дії та методи розрахунку основних електронних пристроїв.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- загальні компетенції (ЗК):

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК3);
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК5);
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК6);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7);
- здатність працювати в команді (ЗК8).

- фахові компетенції (ФК):

- здатність відповідно до поставленої задачі виконувати науково-технічні розробки в галузі прикладної фізики та наноматеріалів (ФК4);
- здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач (ФК5);
- здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження (ФК6);
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК8);
- здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем. (ФК9).

3 ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «**Напівпровідникова електроніка**» тісно пов'язана з дисциплінами, які вивчаються у вузі. Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Напівпровідникова електроніка**»: опанування студентами таких навчальних дисциплін освітньої програми «**Прикладна фізика і наноматеріали**» таких як «**Математичний аналіз.**», «**Звичайні диференціальні рівняння та їх застосування**», «**Електричні і магнітні явища**».

У свою чергу, ця дисципліна є базисом для вивчення багатьох наступних дисциплін бакалаврського циклу навчання, оскільки в ній розглядаються електронні елементи та пристрої, які є основою сучасних цифрових систем.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми вивчення навчальної дисципліни «Напівпровідникова електроніка»: повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.	ПРН3
Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики	ПРН5
Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.	ПРН6
Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики	ПРН7
Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію	ПРН9
Планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів	ПРН10

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Напівпровідникова електроніка»

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основні поняття і терміни в області напівпровідникових приладів	ПРН02
Знати фізичні принципи роботи напівпровідникових приладів, їх класифікацію та параметри	ПРН04
Вміти на основі типових напівпровідникових приладів проектувати та розраховувати прості електронні вузли	ПРН04
Вміти проводити вимірювання параметрів напівпровідникових приладів	ПРН06
Знати сучасний рівень розвитку і використання напівпровідникових приладів.	ПРН11

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни «Напівпровідникова електроніка» є:

- поточний контроль успішності,
- проміжний модульний контроль,
- підсумковий семестровий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркоче усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю – залік. До екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- проміжного модульного контролю знань ;
- підсумкового семестрового контролю знань – залік.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
5	5	5	5	5	5	70	100

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6		

5	5	5	5	5	5		70	100
---	---	---	---	---	---	--	----	-----

T1, T2, T3. T4, T5 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	5	20	3	20
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	1	10	1	10
Модульна контрольна робота	1	70	2	70
Разом	7	100	6	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною, становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Напівпровідникова електроніка»: виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка «зараховано»/«не зараховано» визначається наступними критеріями:

- оцінка «зараховано» виставляється в тому разі, коли студент бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, демонструє вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, демонструє здатність до мислення, кваліфіковано використовує набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

- оцінка «незараховано» виставляється тоді, коли студент не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
80-89 65-79	зараховано	B	добре
	зараховано	C	добре
55-64 50-54	зараховано	D	задовільно
	зараховано	E	задовільно
35-49 1-34	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено залік, заносяться до залікової відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Основи фізики напівпровідників і електронно-діркових переходів. Напівпровідникові діоди. Біполярні транзистори.

Тема 1. Закони розподілу носіїв заряду в зонах напівпровідника. Закони руху носіїв заряду в напівпровідниках. Об'ємні заряди і поля в напівпровідниках.

Тема 2. Різновидності електронно-діркових переходів. Структура електронно-діркових переходів. Аналіз переходу в рівноважному та нерівноважному станах. Бар'єрна ємність р-п переходу. Контакт метал-напівпровідник. Вольт-амперна характеристика (ВАХ).

Тема 3. Класифікація і типи напівпровідникових діодів. Аналіз ідеалізованого діода. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діода. Характеристичні опори діода. Зворотня вітка ВАХ реального діода. Тепловий струм. Струми термогенерації. Еквівалентна схема діода при зворотньому вмиканні. Пробивання р-п переходів. Частотні властивості діодів.

Тема 4. Випрямні діоди. Імпульсні діоди. Надвисокочастотні діоди. Діоди Шоткі. Стабілітрони і стабістори. Варикапи. Тунельні діоди. Тунельно-зворотні діоди.

Тема 5. Принцип дії, структура, схеми вмикання та основні режими роботи транзисторів. Статичні характеристики транзисторів в схемах із спільною базою та з спільним емітером. Формули Молла-Еберса. Реальні статичні характеристики. Статичні параметри транзистора. Коефіцієнт передачі струму бази і емітера. Опори емітерного і колекторного переходів. Об'ємний опір бази. Тепловий струм колектора.

Тема 6 Малосигнальні параметри і динамічні параметри біполярних транзисторів. Залежність параметрів від режиму та температури. Еквівалентні схеми транзистора. Власні шуми транзистора. Одноперехідний транзистор.

Модуль 2. Польові напівпровідникові прилади. Тиристори.

Тема1. Класифікація і система позначень польових напівпровідникових приладів. МДН-структура з індукованим каналом. Режим збіднення МДН-структури. Режим інверсії МДН-структури. Вихідні ВАХ МДН-транзистора. Передавальні характеристики МДН-транзистора. Вплив підкладки. Комплементарні МДН-транзистори.

Тема 2. Польовий транзистор з управляючим p-n переходом. Структура і основні особливості. Принцип дії, параметри, ВАХ, режими експлуатації.

Тема3. Потужні польові транзистори. Транзистори із статичною індукцією.

Тема 4. Діодні тиристори: структура, принцип роботи та вольт-амперна характеристика. Тріодні тиристори. Рівняння вихідної ВАХ. Статичні параметри тиристора. Перехідні процеси в тиристорі.

Тема 5. Симетричні тиристори. Запираючі тиристори. Тиристори

Тема6. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). Структура IGBT транзистора. Принцип роботи IGBT-транзистора. Параметри характеристики IGBT транзисторів.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин - 120					
	Форма навчання: денна					
	Усього 120	у тому числі				
		Лекції 30	практичні (семінарські)	Лабораторні 30	індивідуальна робота	самостійна робота 60
Модуль 1						
Тема 1. Закони розподілу носіїв заряду в зонах напівпровідника. Закони руху носіїв заряду в напівпровідниках. Об'ємні заряди і поля в напівпровідниках.	7	2				5
Тема2. Структура електронно-діркових переходів. Аналіз переходу в рівноважному та	7	2				5

нерівноважному стані. Бар'єрна ємність р-п переходу. Контакт метал-напівпровідник. Вольт-амперна характеристика (ВАХ).					
Тема 3. Класифікація і типи напівпровідникових діодів. Аналіз ідеалізованого діода. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) діода. Характеристичні опори діода. Зворотня вітка ВАХ реального діода. Тепловий струм. Струми термогенерації. Еквівалентна схема діода при зворотньому вмиканні. Пробивання р-п переходів. Частотні властивості діодів.	11	2		4	5
Тема 4. Випрямні діоди. Імпульсні діоди. Надвисокочастотні діоди. Діоди Шоткі. Стабілітрони і стабістори. Варикапи. Тунельні діоди. Тунельно-зворотні діоди.	11	2		4	5
Тема 5. Принцип дії, структура, схеми вмикання та основні режими роботи транзисторів. Статичні характеристики транзисторів в схемах із спільною базою та з спільним емітером. Формули Молла-Еберса. Реальні статичні характеристики. Статичні параметри транзистора. Коефіцієнт передачі струму бази і емітера. Опори емітерного і колекторного переходів. Об'ємний опір бази. Тепловий струм колектора.	11	2		4	5
Тема 6. Малосигнальні параметри і динамічні параметри біполярних транзисторів. Залежність параметрів від режиму та температури. Еквівалентні схеми транзистора. Власні шуми транзистора. Одноперехідний транзистор.	13	2		6	5
Модульна контрольна робота	2	2			
Разом за модуль	62	14		18	30
Модуль 2					
Тема 1. Класифікація і система позначень польових напівпровідникових приладів. МДН-структура з індукованим каналом. Режим збіднення МДН-структури. Режим інверсії МДН-структури. Вихідні ВАХ МДН-транзистора. Передавальні характеристики МДН-транзистора. Вплив підкладки. Комплементарні МДН-транзистори.	11	2		4	5

Тема 2 Польовий транзистор з управляючим р-п переходом. Структура і основні особливості. Принцип дії, параметри, ВАХ, режими експлуатації.	11	2		4		5
Тема 3. Потужні польові транзистори. Транзистори із статичною індукцією.	7	2				5
Тема 4 Діодні тиристори: структура, принцип роботи та вольт-амперна характеристика. Тріодні тиристори. Рівняння вихідної ВАХ. Статичні параметри тиристора. Перехідні процеси в тиристорі.	12	3		4		5
Тема 5 Симетричні тиристори. Запираючі тиристори. Тиристори	8	3				5
Тема 6 Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). Структура IGBT транзистора. Принцип роботи IGBT-транзистора. Параметри характеристики IGBT транзисторів.	7	2				5
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	58	16		12		30

6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ зп	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Дослідження випрямних діодів ВАХ випрямних діодів	4	
2	Дослідження випрямних діодів ВАХ стабілітронів	4	
3	Дослідження статичних характеристик біполярного транзистора зі свільною базою	4	
4	Вимірювання параметрів біполярного транзистора та перевірка моделі Молла-Еберса.	4	
5	Дослідження статичних характеристик МДН-транзисторів.	4	
6	Дослідження статичних характеристик польових транзисторів з управляючим р-п переходом	4	
7	Дослідження статичних характеристик діністорів та тиристорів	6	
	Разом	30	

6.4. Самостійна робота

№ зп	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	ВАХ діода зі тонкою та товстою базою	5	

2	Лавинно-пролітні діоди	5	
3	Тунельно-зворотні діоди	5	
4	Малосигнальні параметри БТ	5	
5	Шуми БТ	5	
6	Робота БТ в підсилювальному режимі	5	
7	Вплив підкладки на параметри МДН транзистора	5	
8	Режими роботи МДН-структури в НПЗЗ.	5	
9	Перехідні процеси в тиристорі.Ефект du/dt	5	
10	Перехідні процеси в тиристорі.Ефект di/dt	8	
11	Схеми захисту тиристорів	7	
	Разом	60	

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор. Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки. Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1.Борисов О. В., Якименко Ю. І. Твердотільна електроніка. Підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 484 с. Режим доступу: https://me.kpi.ua/downloads/Borysov_Yakymenko_TTE_2015.pdf 2. Дружинін А.О., Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів. Навчальний посібник. – Львів: Видавн. Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 332 с .

3.Колонтаєвський, Ю.П. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник: / Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков; За ред. А.Г.Соскова. – К.:Каравела, 2009. –416 с.

4.Медведенко Б.І. Напівпровідникові прилади: підручник / Л.Д. Васильєва, Б.І. Медведенко, Ю.І. Якименко. – Київ: Кондор, 2008. - 388 с.

5.Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лукіянець та ін. – Львів: Бескид Біт, 2004. – 880 с.

6.Твердотільна електроніка. /Ю.В. Височанський ,А.А. Горват, О.О. Грабар, О.О.Молнар, Ш.Б. Молнар, Ю.С. Наконечний , В.І. Феделеш .- Ужгород:ІВА,2001,388с.

Допоміжна

1. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник. У 4-х томах./Заред.В.І.Сенька .- К.:Каравела,2008 .-400 с.

2. Матвійків М.Д., Когут В.М., Матвійків О.М. Елементна база електронних апаратів. Підручник: - Львів.: Національний університет „Львівська політехніка”, 2007. – 428 с.

3. Борисов О. В., Волхова Т. Л., Королевич Л. М. Твердотільна електроніка. Пробій в колекторному переході бездрейфового транзистора [Електронний ресурс]: навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 109 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/13844>
4. Борисов О. В., Волхова Т. Л., Королевич Л. М. Твердотільна електроніка: практикум. Київ : НТУУ «КПІ», 2018. 105 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/24896>