

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної фізики та наноматеріалів



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізичного факультету

В.І. Горбенко

13

09

2016 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

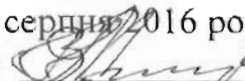
4.25 “Фізика приладів твердотільної електроніки”

напрямок підготовки	6.040203 – “Фізика”
спеціалізація	“Фізика напівпровідників та діелектриків”
факультет	фізичний

2016 - 2017 навчальний рік

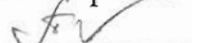
Робоча програма “Фізика приладів твердотільної електроніки” для студентів напряму підготовки 6.040203 - “Фізика”, 2016 року - 10 с.

Розробник: доцент кафедри прикладної фізики та наноматеріалів, к.ф.-м.н., доц. Яновський О.С.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри прикладної фізики та наноматеріалів
 Протокол від “30” серпня 2016 року № 1
 Завідувач кафедри  В.Г. Міщенко

Схвалено науково-методичною радою фізичного факультету

Протокол від “13” вересня 2016 року № 2

Голова  Н.І. Тихонська

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань: 0402 - фізико-математичні науки	За вибором вищого навчального закладу	
Змістових модулів - 2	Напрямок підготовки: 6.040203 – фізика	Рік підготовки:	
		4-й	
		Семестр	
Загальна кількість годин -162		8 - й	
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 5 самостійної роботи студента – 11.	Освітній рівень: бакалавр	20 год.	
		Практичні	
		30 год.	
		Лабораторні	
		Самостійна робота	
		112 год.	
		Вид контролю: іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи для денної форми навчання становить 1:2.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу “Фізика приладів твердотільної електроніки” є вивчення електронних процесів, що відбуваються в напівпровідникових приладах дискретної електроніки та в компонентах інтегральних схем.

В курсі “Фізика приладів твердотільної електроніки” викладаються фізичні властивості, характеристики, принципи побудови, режими роботи основних напівпровідникових приладів, покладених в основу функціонування сучасної електроніки.

Завдання курсу полягає в засвоєнні фізичних принципів функціонування приладів дискретної електроніки і на цій основі вивчення особливостей побудови та принципів роботи основних компонентів напівпровідникових інтегральних мікросхем.

Під час виконання розв’язування задач, передбачених програмою курсу, студенти отримують навички розрахунків параметрів та характеристик напівпровідникових приладів.

Значна увага приділяється самостійній роботі студентів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- властивості р-п-переходу та використання їх в різноманітних видах діодів; відмінність властивостей реальних діодних структур від ідеального р-п-переходу;
- моделі діодів, фізичні процеси, що відбуваються при вмиканні, вимиканні діодів та при перемиканні діодів з прямої на зворотню напругу;
- електронні процеси, що відбуваються в біполярних транзисторних структурах в основних режимах роботи та при різних схемах відмикання транзистора в електронні схеми;
- основні математичні моделі біполярних транзисторних структур;
- принципи роботи тиристорної структури та основні її властивості;
- механізм роботи польових транзисторів з управляючим р-п-переходом та МДП - транзисторів;
- основні пасивні елементи інтегральних схем та принципи їх функціонування;
- основні транзисторні структури інтегральних схем.

вміти:

- скласти модель напівпровідникового приладу та розрахувати основні параметри моделі;
- розрахувати головні електричні параметри приладів виходячи з вихідних фізичних властивостей напівпровідникового матеріалу;
- скласти уявлення про роботу нових приладів сучасної та перспективної електроніки.
- розкрити фізичну природу явищ, що відбуваються при роботі приладів твердотільної електроніки.

3. Програма навчальної дисципліни**Змістовий модуль 1. Фізичні принципи функціонування р-п - переходу.****Напівпровідникові діоди**

Тема 1. Вступ. Основні властивості напівпровідників.

Загальна характеристика Si та Ge як основних матеріалів сучасної напівпровідникової електроніки. Власна провідність, залежність концентрації власних носіїв заряду від температури. Донорні та акцепторні домішки, електронна та діркова провідність. Енергетичні діаграми власних та домішкових напівпровідників. Ширина забороненої зони Si та Ge.

Тема 2. Утворення *р-п* – переходу.

Утворення р-и-переходу, дифузія та дрейф носіїв заряду в переході. Запірний шар. Енергетична діаграма р-и-переходу в рівновазі, при прямому та зворотньому зміщенні

Тема 3. Властивості *р-п* – переходу.

Випрямна здатність р-и-переходу, прямий та зворотній струм переходу. Вольт-амперна характеристика переходу. Відмінність реального діоду від ідеального р-п-переходу. Диференційний опір, Бар'єрна ємність переходу та напруга, при якій вона проявляється. Дифузійна ємність переходу та способи її зменшення.

Тема 4. Будова та класифікація діодів.

Будова та класифікація напівпровідникових (н/п) діодів. Опір бази діодів (площинних та точкових). Ефект модуляції опору бази силових діодів. Співвідношення між I_s та I для кремнієвих та германієвих діодів. Залежність зворотного струму діодів від напруги.

Тема 5. Пробій р-и-переходу.

Лавинний пробій р-п-переходу. Вимоги до товщини р-п-переходу та напруженості електричного поля. Коефіцієнт ударної іонізації. Тунельний пробій р-п-переходу. Енергетична діаграма р-п-переходу при тунельному пробіі. Стабілітрон. ВАХ стабілітрона. Основні параметри. Найпростіша схема та принцип роботи стабілізатора напруги на стабілітроні.

Тема 6. Тунельний та імпульсний діоди.

Властивості тунельного діоду. Енергетична діаграма тунельного діоду при нульовому, прямому та зворотньому зміщенні. Імпульсні діоди. Перехідні процеси при вмиканні, вимиканні діодів та перемиканні їх з прямого на зворотнє зміщення.

Змістовий модуль 2. Біполярні транзистори та польові. Компоненти інтегральних схем

Тема 7. Біполярні транзистори.

Конструкція та основні види біполярних транзисторів (БТ). Режими роботи транзисторів, розподіл неосновних носіїв заряду в базі. Співвідношення між товщиною бази транзистора та дифузійною довжиною неосновних носіїв заряду.

Тема 8. Властивості біполярних транзисторів.

Механізм роботи та підсилювальні властивості БТ в схемі вимкнення з загальною базою (ЗБ) та загальним емітером (ЗЕ). Параметри підсилення транзисторів: коефіцієнт передачі струму α , коефіцієнт підсилення P та зв'язок між ними. Т-образна еквівалентна схема БТ. Еквівалентна схема Еберса-Молла.

Тема 9. Вольт-амперні характеристики транзисторів.

Вольт-амперні характеристики БТ в схемах з ЗБ та ЗЕ. Системи k - параметрів та визначення їх з вхідних та вихідних характеристик транзисторів. Шуми транзисторів.

Тема 10. Польові транзистори та особливості їх роботи.

Польові транзистори, класифікація, позначення, фізичний принцип роботи. Польовий транзистор з управляючим р-п-переходом, вольт-амперні характеристики.

Тема 11. МДП – транзистори.

МДП (МОП) структури. Польовий ефект, викривлення енергетичних зон. МДП транзистор з індукованим та вбудованим каналами, з “плаваючим затвором”, принцип дії, ВАХ. Прилади із зарядовим зв'язком.

Тема 12. Елементи та компоненти інтегральних схем.

Елементи та компоненти інтегральних схем (ІС). Види ізоляції в ІС. Резистори, конденсатори, з'єднання елементів ІС. Базова технологія виготовлення ІС. Структура базового п-р-п-транзистора ІС. Транзистори р-р-р-структури.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	Ус.	у тому числі					Ус.	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	с/п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1.													
Тема 1. Вступ. Основні властивості напівпровідників	11	1	6			4							
Тема 2. Утворення <i>p-n</i> - переходу	10	2				8							
Тема 3. Властивості <i>p-n</i> - переходу	16	2	4			10							
Тема 4. Будова та класифікація діодів	11	1				10							
Тема 5. Пробій <i>p-n</i> -переходу	11	1	2			8							
Тема 6. Тунельний та імпульсний діоди	9	1				8							
Разом за змістовим модулем 1	68	8	12			48							
Змістовий модуль 2.													
Тема 7. Біполярні транзистори	16	2	4			10							
Тема 8. Властивості біполярних транзисторів	12	2				10							
Тема 9. Вольт-амперні характеристики транзисторів	12	2				10							
Тема 10. Польові транзистори та особливості їх роботи	18	2	6			10							
Тема 11. МДП - транзистори	18	2	6			10							
Тема 12. Елементи та компоненти інтегральних схем	18	2	2			14							
Разом за змістовим модулем 2	94	12	18			64							
Всього годин за модулями	162	20	30			112							

5. Темі лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ. Загальні відомості про напівпровідники	1
2	Тема 2. Утворення <i>p-n</i> – переходу. Теорія ОПЗ	2
3	Тема 3. Властивості <i>p-n</i> - переходу	2
4	Тема 4. Будова та класифікація діодів	1
5	Тема 5. Пробій <i>p-n</i> -переходу	1
6	Тема 6. Тунельний та імпульсний діоди	1
7	Тема 7. Біполярні транзистори	2
8	Тема 8. Властивості біполярних транзисторів	2
9	Тема 9. Вольт-амперні характеристики транзисторів	2
10	Тема 10. Польові транзистори та особливості їх роботи	2
11	Тема 11. МДП - транзистори	2
12	Тема 12. Елементи та компоненти інтегральних схем	2
	Всього годин	20

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ. Основні властивості напівпровідників	6
2	Тема 3. Властивості <i>p-n</i> – переходу. Теорія ОПЗ.	4
3	Тема 5. Пробій <i>p-p</i> -переходу	2
4	Тема 7. Біполярні транзистори	4
5	Тема 10. Польові транзистори та особливості їх роботи	6
6	Тема 11. МДП - транзистори	6
7	Тема 12. Елементи та компоненти інтегральних схем	2
	Всього годин	30

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ. Загальні відомості про напівпровідники. Основні властивості напівпровідників та їх відмінність від інших матеріалів. Залежність концентрації онз та ннз від температури.	4
2	Тема 2. Утворення <i>p-n</i> – переходу. Дифузійні та дрейфові потоки носіїв заряду в рівноважному <i>p-n</i> – переході.	8
3	Тема 3. Властивості <i>p-n</i> – переходу. Природа контактної різниці потенціалів та потенційного бар'єру в <i>p-n</i> – переході.	10
4	Тема 4. Будова та класифікація діодів. Випрямлення на контакті метал-напівпровідник. Діод Шоттки.	10
5	Тема 5. Пробій <i>p-p</i> -переходу. Залежність напруги лавинного пробую від температури. Робота стабілізатора напруги на стабілітроні.	8
6	Тема 6. Тунельний та імпульсний діоди. Принцип роботи світло- та фотодіодів.	8
7	Тема 7. Біполярні транзистори. Структури та схеми увімкнення транзисторів. Розподіл ННЗ у базі в різних режимах роботи.	10
8	Тема 8. Властивості біполярних транзисторів. Ключовий режим роботи біполярного транзистора.	10
9	Тема 9. Вольт-амперні характеристики транзисторів. h - параметри біполярних транзисторів та їх визначення з вольт-амперних характеристик.	10
10	Тема 10. Польові транзистори та особливості їх роботи. Особливості параметрів польових транзисторів.	10
11	Тема 11. МДП – транзистори. Особливості польових транзисторів в інтегральному виконанні.	10
12	Тема 12. Елементи та компоненти інтегральних схем. Особливості технології виготовлення пасивних елементів інтегральних схем.	14
	Всього годин	112

8. Види контролю і система накопичення балів

	Вид контрольного заходу	Кількість контрольних заходів	Кількість балів за 1 захід	Усього балів
1	Підготовка завдання самостійної роботи (з представленням результатів на практичному занятті)	3	10	30
2	Захист виконання практичних робіт	4	5	20
3	Контрольна робота за результатами вивчення змістовних модулів 1 та 2	1	10	10
4	Екзамен. Проводиться по завершенню вивчення змістових модулів 1 і 2.	1	40	40
	Усього	9		100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

9. Критерії оцінювання

Відповідь на екзамені оцінюється на:

відмінно:

- Правильне та повне формулювання фізичних законів, явищ, закономірностей.
- Пояснення законів, явищ, закономірностей на основі фізичних понять, що самі вже не можуть пояснюватись більш елементарними поняттями.
- Глибокий та вичерпний аналіз взаємозв'язків між явищами та закономірностями.
- Залучення до відповіді понять з суміжних розділів дисципліни.

Добре:

- Правильне та повне формулювання фізичних законів, явищ, закономірностей.
- Пояснення законів, явищ, закономірностей на основі фізичних понять, що самі вже не можуть пояснюватись більш елементарними поняттями.
- Помилки в аналізі взаємозв'язків між явищами та закономірностями.

Задовільно:

- Формулювання фізичних законів, явищ, закономірностей з помилками.
- Пояснення законів, явищ, закономірностей на основі фізичних понять, що самі вже не можуть пояснюватись більш елементарними поняттями

незадовільно:

- Невірне формулювання фізичних законів, явищ, закономірностей.

- Відсутність або невірні відповіді на поставлені додаткові питання.

Практичні зав'язки (розв'язання задач) оцінюються на:

відмінно:

- Обґрунтування застосованих формул та пояснення проміжних перетворень; аналіз отриманого результату та висновки.
- Правильне написання формул; вірний хід рішення з проміжними викладками; підстановка вихідних даних з урахуванням розмірностей.
- Вірність проведених розрахунків до кінцевого результату, приведення розмірності використаних величин.

Добре:

- Труднощі в обґрунтуванні застосованих формул та поясненні проміжних перетворень; аналіз отриманого результату та висновки.
- Правильне написання формул; вірний хід рішення з проміжними викладками; підстановка вихідних даних з урахуванням розмірностей.
- Вірність проведених розрахунків до кінцевого результату, приведення розмірності використаних величин.

Задовільно:

- Написання формул з похибками; невірний хід рішення; відсутність числового рішення та розмірностей.

Незадовільно:

- Відсутність рішення задачі; неправильне застосування або написання формул.

10. Рекомендована література

Основна

- Прищепя М.М. Мікроелектроніка. Ч. 1. Елементи мікроелектроніки / М.М. Прищепя, В.П. Погребняк. - К., "Вища школа", 2004. - 431 с.
- Прищепя М.М. Мікроелектроніка. Ч. 2. Елементи мікросхем / М.М. Прищепя, В.П. Погребняк. - К.: "Вища школа", 2006. - 503 с.
- Тугов Н.М. Полупроводниковые приборы / Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков. - М., Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
- Епифанов Г.И. Твёрдотельная электроника / Г.И. Епифанов, Ю.А. Мома. - М.: "Высшая школа", 1986. - 304 с.
- Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники / Б. С. Гершунский. - К., "Выща школа", 1989. - 423 с.
- Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х тт. / С. Зи. - М., Мир. - 1984.

• Додаткова

- Аваев Н.А. Основы микроэлектроники / Н.А. Аваев, Ю.Е. Наумов, В.Т. Фролкин. - М., Радио и связь, 1991. - 288 с.
- Жеребцов И.П. Основы электроники / И.П. Жеребцов. - Л., Энергоатомиздат, 1989. - 352 с.
- Готри З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готри. - Львів: "Бескід", 2005. - 680 с.
- Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин - М.: Лань, 2006. - 480 с. (<http://radabum.com/d.php?id=17299>).
- Валенко В.С. Полупроводниковые приборы и основы схемотехники электронных устройств / В.С. Валенко - М., Издательский дом "Дадэка - XXI", 2001. - 368 с.

• Інформаційні ресурси

- Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. <http://irbis-nbuv.gov.ua>
- [http://ru.wikipedia.org/wiki/Полупроводниковые приборы](http://ru.wikipedia.org/wiki/Полупроводниковые_приборы)
- <http://www.radioland.net.ua/contentid-396-page3.html>
- [http://dic.academic.ru/dic.nsl7bse/122343/Полупроводниковые приборы](http://dic.academic.ru/dic.nsl7bse/122343/Полупроводниковые_приборы)
- <http://dic.academic.ru/dic.nsl7bse/109121/Микроэлектроника>
- http://physics.kgsu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=72