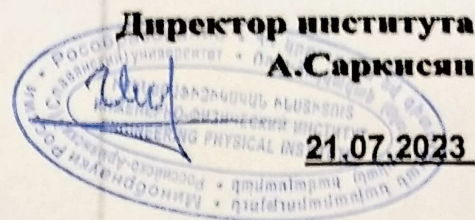


ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:



Инженерно-физический институт

Кафедра технологии материалов и структур электронной техники

Автор: кандидат физ.-мат. наук, Есяян А Э.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.9 Физика гетеропереходов

Направление: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

ЕРЕВАН 2023

Структура и содержание УМКД

1. Аннотация

В курсе излагаются основы зонной теории гетеропереходов, модели зонной диаграммы идеального и неидеального гетеропереходов, вычисляются параметры гетеропереходов, излагаются механизмы прохождения тока, рассматриваются плавные гетеропереходы и переходы металл-полупроводник, их фотоэлектрические свойства, применение гетеропереходов и структур на их основе для создания преобразователей излучения, светоизлучающих диодов, транзисторов и т.д.

Цель преподавания дисциплины: ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в контакте двух разнородных полупроводников и с возможностями их применения в электронике.

Учебная задача: ознакомить студентов с основами теории электронных и оптических явлений в полупроводниковых гетероструктурах, с принципами работы полупроводниковых приборов на их основе и с возможностями применения этих знаний в практических исследованиях.

Основные методы проведения занятий: лекции, практические занятия.

Список литературы: содержит 7 наименований книг и монографий отечественных и зарубежных авторов; этот список поможет студентам освоить и создать свой профессиональный исследовательский инструментарий, обеспечить целостность обучения.

Краткое содержание курса: Энергетическая диаграмма полупроводников с изменяющимся по координате химическим составом и полупроводниковых структур, токи в структурах с анизотипным и изотипным гетеропереходом, выпрямление тока на контакте металл-полупроводник, использование гетероструктур в приборах.

2. Содержание

2.1. Цели и задачи дисциплины

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в гетеропереходах и структурах на их основе.

2.2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (какие компетенции (знания, умения и навыки) должны быть сформированы у студента ПОСЛЕ прохождения данной дисциплины)

После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** принципы построения зонной диаграммы гетеропереходов, принцип действия гетеропереходных приборов и методы расчета их основных параметров и характеристик
- **уметь** правильно выбирать гетероструктуру для применения в радиоэлектронной аппаратуре
- **иметь** представление об основных путях развития технологии гетеропереходов
- **владеть** модельным, математическим и компьютерным инструментарием расчета простейших характеристик и параметров приборов на основе гетеропереходов

2.3. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	42
1.1.1. Лекции	28
1.1.2. Практические занятия	14
1.2. Самостоятельная работа	102
Итоговый контроль	зачет

2.3.2. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Семинарские занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)
<i>1</i>	2	3	4	5	6
МОДУЛЬ 1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА	13	9		4	
Раздел 1. Основы зонной теории гетеропереходов.	3	3			
<i>Тема 1.1. Методы модификации зонной структуры полупроводников</i>	1	1			
<i>Тема 1.2. Электронные состояния</i>	1	1			
<i>Тема 1.3. Плавные гетеропереходы</i>	1	1			
Раздел 2. Модели гетеропереходов	6	6			
<i>Тема 2.1. Классификация гетеропереходов</i>	2	1		1	
<i>Тема 2.2. Зонная диаграмма</i>	2	1		1	
<i>Тема 2.3. Ход потенциала</i>	2	1		1	
<i>Тема 2.4. Роль диполей</i>	2	1		1	
<i>Тема 2.5. Контакт металл-полупроводник как гетеропереход</i>	2	2			
МОДУЛЬ 2. ТОКИ В ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ	9	5		4	
Раздел 3. Механизмы прохождения тока	9	5		4	
<i>Тема 3.1. Токи в гомопереходе</i>	2	1		1	
<i>Тема 3.2. Эмиссионный ток</i>	2	1		1	

<i>Тема 3.3. Емкостные свойства</i>	2	1		1	
<i>Тема 3.4. Неидеальный гетеропереход</i>	3	2		1	
МОДУЛЬ 3. ТОКИ В КОНТАКТЕ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИК	7	5		2	
<i>Тема 4.1 Эмиссионный ток из полупроводника в металл</i>	3	2		1	
<i>Тема 4.2. Диодная теория</i>	3	2		1	
<i>Тема 4.3. Диффузионный ток</i>	1	1			
МОДУЛЬ 4. ПРИБОРЫ	13	9		4	
Раздел 5. Электронные и оптоэлектронные приборы	9	9			
<i>Тема 5.1. Особенности использования плавных гетеропереходов в приборах</i>	3	2		1	
<i>Тема 5.2. Гетероприборы</i>	3	2		1	
<i>Тема 5.3. Излучающие диоды</i>	3	2		1	
<i>Тема 5.4. Премники</i>	2	1		1	
<i>Тема 5.5. Наоструктуры</i>	2	2		-	
ИТОГО	42	28		14	

2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

МОДУЛЬ 1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА

Введение.

Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы развития физики гетеропереходов. Классификация неоднородных полупроводников и гетеропереходов. Полупроводниковые гетеропары. Роль материалов в развитии физики гетеропереходов. ([1], гл.1;)

Раздел 1. Основы зонной теории гетеропереходов.

Тема 1.1. Методы модификации зонной структуры полупроводников

Твердые растворы полупроводников, особенности их зонного энергетического спектра. Неоднородные полупроводники и гомоструктуры. ([7], гл.1;)

Тема 1.2. Электронные состояния

Электронные состояния в гетеропереходе, зонная структура гетероперехода. ([7], гл.1;)

Тема 1.3. Плавные гетеропереходы

Плавные гетеропереходы (варизонные полупроводники) ([1], гл.1)

Раздел 2. Модели гетеропереходов

Тема 2.1. Классификация гетеропереходов

Идеальный гетеропереход, неидеальный гетеропереход, гетеропереход с промежуточным слоем ([1], гл.1)

Тема 2.2. Зонная диаграмма

Построение энергетической диаграммы гетероструктуры ([1], гл.1,)

Тема 2.3. Ход потенциала

Расчет потенциала в резком гетеропереходе в приближении Шоттки. Анизотипный гетеропереход. ([1], гл.1;)

Тема 2.4. Роль диполей

Диполи на границе раздела гетероперехода ([1], гл.1)

Тема 2.5. Контакт металл-полупроводник как гетеропереход

Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник ([1], гл.1)

МОДУЛЬ 2. ТОКИ В ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ

Раздел 3. Механизмы прохождения тока

Тема 3.1. Токи в гомопереходе

Составляющие тока в структуре с $p-n$ переходом. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции носителей в $p-n$ гетероструктуре. ([1], гл.2)

Тема 3.2. Эмиссионный ток

Токи надбарьерной эмиссии идеального $p-n$ гетероперехода ([1], гл.2)

Тема 3.3. Емкостные свойства

Емкость и вольт-фарадная характеристика идеального гетероперехода ([1], гл.2)

Тема 3.4. Неидеальный гетеропереход

Особенности токопрохождения с неидеальной гетеропереходе, туннелирование через пичок, токи через состояния на границе раздела. ([1], гл.2)

МОДУЛЬ 3. ТОКИ В КОНТАКТЕ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИК

Раздел 4. Эмиссионный ток

Тема 4.1 Эмиссионный ток из полупроводника в металл

Механизм надбарьерной эмиссии ([1], гл.3)

Тема 4.2. Диодная теория

Диодная теория выпрямления, емкость запирающего контакта ([1], гл.3)

Тема 4.3. Диффузионный ток

Диффузионная теория выпрямления. Вольт-амперная характеристика реального контакта МП ([1], гл.3)

МОДУЛЬ 4. ПРИБОРЫ

Раздел 5. Электронные и оптоэлектронные приборы

Тема 5.1. Особенности использования плавных гетеропереходов в приборах

Приборные структуры с варизонными слоями ([1], гл.4)

Тема 5.2. Гетероприборы

Гетероструктуры в полупроводниковой электронике ([1], гл.4)

Тема 5.3. Излучающие диоды

Светодиоды и лазеры на гетеропереходах ([1], гл.4)

Тема 5.4. Премники

Премники электромагнитного излучения на гетероструктурах ([1], гл.4)

Тема 5.5. Наоструктуры

Квантовые ямы и сверхрешетки на основе гетероструктур ([5], гл.2;)

3. Теоретический блок

Рекомендуемая литература

а) Базовый учебник

1. В. И. Ильин, С. Ф. Мусихин, А. Я. Шик. Варизонные полупроводники и гетероструктуры, Санкт-Петербург, «Наука», 2000.

б) Основная литература

2. Б. Л. Шарма, Р. К. Пурохит, Полупроводниковые гетеропереходы, М., Сов. Радио, 1979
2. Ф. Милнс, Д. Фойхт, Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник, Мир, М., 1975.
3. Х. Кейси, М. Паниш, Лазеры на гетероструктурах, т.2, Мир, М., 1981
4. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В.П. Драгунов, И.П. Неизвестный, В.А. Гридчин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.
5. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры, под. ред. Л.Ченга и К. Плога, Изд. Мир, 1989.
6. Э. М. Казарян, С. Г. Петросян, Физические основы полупроводниковой нанoeлектроники, Изд-во РАУ, Ереван, 2005

4. Практический блок

Примерные темы практических занятий

1. Расчет напряженности квазиэлектрических полей.
2. Концентрация пограничных состояний
3. Построение зонной диаграммы, расчет разрывов зон
4. Ход потенциала в изотипном гетеропереходе
5. Вычисление величины диполя.
6. Высота потенциального барьера на контакте металл-полупроволник
7. Координатные зависимости составляющих токов
8. Расчет коэффициента инжекции.
9. Вольт-амперная характеристика. Диодная теория выпрямления. Диффузионная теория выпрямления

5. Материалы по оценке и контролю знаний

5.1. Вопросы для контрольных работ

1. Твердые растворы полупроводников, особенности их зонного энергетического спектра. Неоднородные полупроводники и гомоструктуры.
2. Электронные состояния в гетеропереходе, зонная структура гетероперехода.
3. Плавные гетеропереходы (варизонные полупроводники).
4. Идеальный гетеропереход, неидеальный гетеропереход, гетеропереход с промежуточным слоем.
5. Построение энергетической диаграммы гетероструктуры.
6. Расчет потенциала в резком гетеропереходе в приближении Шоттки. Анизотипный гетеропереход.
7. Диполи на границе раздела гетероперехода.
8. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник.
9. Составляющие тока в структуре с $p-n$ переходом. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции носителей в $p-n$ гетероструктуре.
10. Токи надбарьерной эмиссии идеального $p-n$ гетероперехода
11. Емкость и вольт-фарадная характеристика идеального гетероперехода
12. Особенности токопрохождения с неидеальной гетеропереходе, туннелирование через пичок, токи через состояния на границе раздела
13. Механизм надбарьерной эмиссии
14. Диодная теория выпрямления, емкость запорного контакта
15. Диффузионная теория выпрямления. Вольт-амперная характеристика реального контакта МП
16. Приборные структуры с варизонными слоями
17. Гетероструктуры в полупроводниковой электронике
18. Светодиоды и лазеры на гетеропереходах
19. Премники электромагнитного излучения на гетероструктурах
20. Квантовые ямы и сверхрешетки на основе гетероструктур

6. Методический блок

6.1. Методика преподавания, обоснование выбора данной методики

Преподавание данного курса основывается на :

- Проведение лекционных занятий согласно тематическому плану.
- Контроль усвоенного материала
- Организацию самостоятельной работы студентов.

