



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В
ПОЛУПРОВОДНИКАХ»**

Кафедра «Инженерная физика»

Образовательная программа
11.03.04- Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: Микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: Бакалавриат)– Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик: Курбанов М.К., к.ф-м.н., доцент кафедры «Инженерная физика».

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерной физики от 17. 02. 2020 г., протокол
№ 6

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от 28. 02. 2020
г., протокол №6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением 28. 02. 2020 г. 

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Контактные явления в полупроводниках» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в р-п переходах и поверхностно-барьерных структурах, являющихся базовыми элементами различных приборов электроники дискретного и интегрального исполнения.

Дисциплина обеспечивает глубокую подготовку специалиста, необходимую для успешной профессиональной деятельности и способствует развитию организаторских и управленческих навыков в области электроники и микроэлектроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

Профессиональная деятельность:

- способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2).

- готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3).

Преподавание дисциплины «Контактные явления в полупроводниках» предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: тестирование, индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и пр. и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
	Всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
8	72	16		20			36	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Контактные явления в полупроводниках»

- дать базовые знания по ряду теоретических и прикладных проблем в области физики полупроводников, ознакомить студентов с физическими процессами, происходящими в области контакта полупроводников, на контакте металл-полупроводник и в гетеропереходах, являющихся основой многих приборов и устройств электроники и микроэлектроники.

Задачами дисциплины является выработка понимания физики и умения математически описать процессы, происходящие на контактах полупроводников, в р-п- переходах, поверхностно-барьерных структурах, находящихся в равновесных и неравновесных состояниях, а также освоению методов корректного расчета их параметров.

Основные разделы программы курса: Контактные явления в металлах, контактные явления в полупроводниках, электрические переходы, омические контакты, равновесное состояние р-п-перехода, неравновесное состояние р-п-перехода, вольт-амперная характеристика реального диода, пробой р-п-перехода, частотные и импульсные свойства диода, гетеропереходы, понятие о барьере Шоттки, основные параметры барьера Шоттки, равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки, полупроводниковые диоды.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Контактные явления в полупроводниках» в структуре ОПОП ВО входит в вариативную часть образовательной программы. Для освоения дисциплины «Контактные явления в полупроводниках» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Теоретические основы электроники,
- физика конденсированного состояния,.
- физика полупроводников.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Физика и технология электрических переходов.

Физика конденсированного состояния.

Физические основы твердотельной электроники.

Общая физика, раздел «Электричество».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
-----------------------------------	--	--

ПК-2	способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает: • принципы использования физических эффектов в твердом теле, в приборах и устройствах твердотельной электроники; • физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; • физические процессы, происходящие в различных контактах (электронно-дырочном переходе, контакте металл-полупроводник и гетеропереходе), физический смысл их основных параметров; • устройство и принцип действия, схемы включения и режимы работы основных приборов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров), вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения. Умеет: • находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в справочной литературе и оценивать их влияние на характеристики и параметры приборов; • использовать математические модели и эквивалентные схемы приборов для расчета их характеристик и параметров. Владеет: • навыками инструментальных измерений, необходимых для исследования характеристик и параметров полупроводниковых приборов; • навыками самостоятельной работы на компьютере и компьютерного моделирования процессов в основных полупроводниковых приборах с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ
ПК-3	готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Знает: • основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов, физические принципы работы приборов твердотельной электроники, основные параметры полупроводниковых приборов; • классификацию электронных приборов электроники по мощности, частотному диапазону работы, по назначению; • основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов; • механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки; • условно-графические обозначения и области применения приборов электроники. Умеет: • качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники; • использовать специализированные знания в области

		электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники - оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров приборов электроники Владеет: - методами количественного формулирования и решения задач в области электроники; - методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники; - методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на современном инновационном оборудовании.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1.								
1	Предмет дисциплины. Понятие о термоэлектронной работе выхода	8		1	1			2	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2	Контакт металл-металл. Контактная разность потенциалов	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
3	Контакт металл-полупроводник.	8		2	4			6	(ДЗ), (С), (РС)

	Выпрямление тока на контакте металл- полупроводник								
	Итого по модулю 1:			5	7			12	
	Модуль 2.								
1	Диодная теория выпрямления тока	8		2	4			4	(ДЗ), (С), (РС)
2	Диффузионная теория выпрямления тока	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
3	Контакт электронного и дырочного	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)

	полупроводников								
	Итого по модулю 2:			6	8			12	
	Модуль 3.								
1	Выпрямление тока в электронно-дырочном переходе	8		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
2	Теория тонкого электронно-дырочного перехода . Несимметричные р-п переходы	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
3	Гетеропереходы, контакт между вырожденными полупроводникам и.	8		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
	Итого по модулю 3:			5	5			12	
	ИТОГО:			16	20			36	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1.

Тема 1. Предмет дисциплины. Понятие о термоэлектронной работе выхода.

Уровень Ферми в полупроводнике.

Тема 2. Контакт металл-металл.Потенциальный барьер.Контактная разность потенциалов.

Тема 3. Контакт металл-полупроводник.Неравновесное состояние контакта.Выпрямление тока на контакте металл-полупроводник. Прямое и обратное включение контакта металл-полупроводник. Энергетические диаграммы неравновесного контакта металл-полупроводник. Ширина ООЗ контакта.

Тема 4. Выпрямление тока в электронно-дырочном

переходе. Анализ идеализированного диода. Модель идеализированного диода. Методика анализа ВАХ идеализированного диода. Распределение неосновных носителей заряда в квазинейтральных областях. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток. Температурная зависимость прямой ветви.

Тема 5. Теория тонкого электронно-дырочного перехода. Несимметричные р-п-переходы. Особенности ВАХ реального диода. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Ток рекомбинации. Сопротивление базы. Характеристики диода при высокой степени уровня инжекции. ВАХ реального диода. Структура тока в базе диода.

Модуль 2.

Тема 1. Диффузионная теория выпрямления тока. Механизмы пробоя р-п-перехода. Тепловой пробой. Лавинный пробой. Туннельный пробой. Особенности лавинного и туннельного пробоя. Опорные диоды. Туннельные и обращенные диоды.

Тема 2. Частотно-импульсные свойства диода. Механизм инерционности диода. Барьерная емкость. Частотные свойства на малом переменном сигнале. Импульсные свойства диода. Процессы включения и выключения.

Тема 3. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

Модуль 3.

Тема 1. Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой. Основные параметры барьера Шоттки.

Тема 2. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки. Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера

различных полупроводников. Диоды Шоттки с охранными кольцами из р-п переходов. Применение диодов Шоттки.

Тема 3. Методы исследования р-п переходов и поверхностно –барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.

Содержание лекционных занятий

№	Содержание темы	Кол-во часов
Модуль 1		
1	Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о р -п-переходе. Определение и классификация р-п-переходов. Плавные, симметричные, несимметричные р-п-переходы. Структура р-п-перехода. Физический переход, металлургический переход.	1
2	Равновесное и неравновесное состояние р-п-перехода. Токи через р-п-переход в равновесном состоянии. Методика расчета параметров р-п-переходов. Расчет параметров ступенчатого р-п-перехода. Переход с линейным распределением примеси. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Энергетические диаграммы неравновесного р-п-	2
3	Анализ идеализированного диода. Модель идеализированного диода. Методика анализа ВАХ идеализированного диода. Распределение неосновных носителей заряда в квазинейтральных областях. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток. Температурная зависимость прямой ветви	2
Модуль 2		
4	Особенности ВАХ реального диода. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Ток рекомбинации. Сопротивление базы. Характеристики диода при высоком уровне инжекции. ВАХ реального диода . Структура тока в базе диода.	2
5	Механизмы пробоя р-п-перехода. Тепловой пробой. Лавинный пробой. Туннельный пробой. Особенности лавинного и туннельного пробоя. Опорные диоды. Туннельные и обращенные диоды.	2

6	Частотно - импульсные свойства диода. Механизм инерционности диода. Барьерная емкость. Частотные свойства на малом переменном сигнале. Импульсные свойства диода. Процессы включения и выключения. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.	2
Модуль 3		
7	Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой. Основные параметры барьера Шоттки	1
8	Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки. Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера различных полупроводников. Диоды Шоттки с охранными кольцами из р-п переходов. Применение диодов Шоттки	2
9	Методы исследования р-п переходов и поверхностно –барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.	2

Содержание тем практических и семинарских занятий

Модули	Темы практических (семинарских) занятий
Модуль 1. Тема 1	Предмет дисциплины. Понятие о термоэлектронной работе выхода . Решение задач по теме 1
Тема 2.	Контакт металл-металл. Контактная разность потенциалов. Решение задач по теме 2
Тема 3.	Контакт металл-полупроводник. Выпрямление тока на контакте металл-полупроводник. Решение задач по теме 3
Модуль 2. Тема 1	Диодная теория выпрямления тока. Решение задач по теме 1
Тема 2	Диффузионная теория выпрямления тока. Решение задач по теме 2

Тема 3	Контакт электронного и дырочного полупроводников.
Модуль 3. Тема 1	Контакт электронного и дырочного полупроводников. Выпрямление тока в электронно-дырочном переходе.
Тема 2	Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера различных полупроводников.
Тема 3	Методы исследования р-п переходов и поверхностно –барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера на контакте.

5. Образовательные технологии

В учебном процессе по дисциплине «Контактные явления в полупроводниках» широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекционные занятия проводятся в аудитории 2-41, где имеется электронная проекционная доска и ноутбук. Во время лекций студентам демонстрируются видеофильмы о контактных явлениях в приборах с р-п – переходами, гетеропереходами, барьерами Шоттки, анимации сложных процессов, происходящих в р-п – переходах, гетеропереходах, барьерах Шоттки. Демонстрируются технологические процессы формирования контактов, внешний вид, электрофизические характеристики и многое другое.

Также предусмотрены встречи студентов с учеными ДЦН РАН – специалистами в области физики и технологии полупроводниковых приборов.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;

- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 50% лекционных занятий.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

Постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика p-n переходов и поверхностно-барьерных структур» и формирует необходимые компетенции. Решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Итоговый контроль.

Зачет в конце 8 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения задач по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ПК-2	Знает: • принципы использования физических эффектов в твердом теле, в приборах и устройствах твердотельной электроники; • физические эффекты и процессы, лежащие в основе принципов действия полупроводниковых и оптоэлектронных приборов; • физические процессы, происходящие в различных контактах (электронно-дырочном переходе, контакте металл-полупроводник и гетеропереходе), физический смысл их основных параметров; • устройство и принцип действия, схемы включения и режимы работы основных приборов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров), вид статических характеристик и их семейств в различных схемах включения. Умеет: • находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в справочной литературе и оценивать их влияние на характеристики и параметры приборов; • использовать математические модели и эквивалентные схемы приборов для расчета их характеристик и параметров. Владеет: • навыками инструментальных измерений, необходимых для исследования характеристик и параметров полупроводниковых приборов; навыками самостоятельной работы на компьютере и компьютерного моделирования процессов в основных полупроводниковых приборах с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах
ПК-3	Знает: • основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов, физические принципы работы приборов твердотельной электроники, основные параметры полупроводниковых приборов; • классификацию электронных приборов электроники по мощности, частотному диапазону работы, по назначению; • основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов; • механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки; • условно-графические обозначения и области применения приборов электроники. Умеет: • качественно объяснять принцип работы полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора приборов оптоэлектроники; • использовать специализированные знания в области	Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах

	электроники для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники - оценивать номинальные и максимально-допустимые пределы параметров приборов электроники Владеет: - методами количественного формулирования и решения задач в области электроники; - методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники; - методами экспериментальных исследований свойств приборов электроники на современном инновационном оборудовании.	
--	---	--

8. Критерии оценок при сдаче зачета.

В каждый зачетный билет включается 3 вопроса, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум 100 баллами.

Критерии оценок следующие:

- 100 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- 60 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- 50 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- 40 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- 0 баллов – нет ответа.

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. -М., Наука, 1977.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов.ч.1. -М., Мир, 1984.
3. Старосельский В.И. Физика р-п-переходов. Курс лекций. - М.Высшая школа, 1995.

Дополнительная литература:

4. Викулин И.Н., Стареев В.И. Физика полупроводниковых приборов.-М., Радио и связь, 1990.5.
5. Шур М. Физика полупроводников /пер. с англ. под ред. Биленко Ю.Д., Видро В.Л./.-М., Мир, 1990.
6. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы (учебник для вузов 4-ое изд.). -М., Высшая школа, 1987.
7. Носов Ю.Р. Полупроводниковые импульсные диоды.-М.Н

10.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru).

Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
www.biblioclub.ru-Электронная библиотечная система«Университетская библиотека - online».

www.iqlib.ru-Интернет-библиотека образовательных изданий,в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия

Информационные ресурсы научной библиотеки

Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).

www.affp.mics.msu.su

11.Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и

наноэлектроника», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.

12. Вопросы для итогового контроля по дисциплине

1. Предмет дисциплины и ее задачи.
2. Термоэлектронная работа выхода.
3. Контактная разность потенциалов.
3. Токи через р-п-переход в равновесном состоянии. Диодная теория выпрямления .
4. Токи через р-п-переход в равновесном состоянии. Диффузионная теория выпрямления
5. Расчет параметров ступенчатого р-п-перехода.
6. Прямое и обратное включение р-п-перехода.
7. Энергетические диаграммы неравновесного р-п-перехода.
8. Ширина р-п-перехода.
9. Модель идеализированного диода.
10. ВАХ идеализированного диода.
11. Тепловой ток.
12. Температурная зависимость прямой ветви ВАХ.
14. Особенности ВАХ реального диода.
15. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе.
16. Ток рекомбинации.
17. Сопротивление базы.
18. ВАХ реального диода.
19. Механизмы пробоя р-п-перехода.
20. Особенности лавинного и туннельного пробоя.
21. Частотно - импульсные свойства диода.
22. Барьерная емкость.
23. Гетеропереходы.
24. Требования к материалам гетеропары.
25. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.
26. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
27. Эффект Поля..
28. Модель Шоттки.

29. Зонные диаграммы барьера Шоттки.
30. Идеализированная модель барьера Шоттки и поверхностные состояния.
31. Основные параметры барьера Шоттки.
32. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки.
33. Эффект Шоттки.
34. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования.
35. Диоды Шоттки с охранными кольцами из p-n переходов.
36. Методы исследования p-n переходов и поверхностно –барьерных структур.
37. Метод вольтамперных характеристик.
38. Метод вольтфарадных характеристик.
39. Методы измерения высоты потенциального барьера.
40. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.

13. Тесты для итогового контроля по дисциплине «Контактные явления в полупроводниках»

Вариант 1

1. При изготовлении выпрямителя было использовано последовательное соединение двух разнотипных диодов из Si. Диод 1 был более высоковольтным, чем диод 2. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
 - 1) диод 1
 - 2) диод 2
 - 3) нагреваться будут одинаково
2. Если p- область легирована значительно сильнее, чем n- область, то в какой области будет шире обедненный слой?
 - 1) p- области
 - 2) n-области
 - 3) ширина слоя будет в обеих областях одинаковая
3. Если осветить p-n- переход диода, то на его контактах возникнет разность потенциалов. Какова будет её полярность?
 - 1) + на p
 - 2) – на p
 - 3) + на n
 - 4) – на n
4. В диоде с p-n- переходом увеличили степень легирования одной из областей. Что произойдет с величиной емкости перехода (при нулевом смещении)?
 - 1) увеличится
 - 2) уменьшится
 - 4) не изменится
5. Какой диод более высокочастотный : АД110 или 3А530 ?
 - 1) АД110
 - 2) 3А530
 - 3) граничные частоты у них одинаковы

Вариант 2

1. При увеличении температуры диода его обратное сопротивление _____ возрастает или падает?
 - 1) возрастает
 - 2) падает
 - 3) не изменяется
2. Как изменится обратный ток р-п- перехода при увеличении степени легирования его областей ?
 - 1) уменьшиться
 - 2) увеличиться
 - 3) не изменится
3. Что такое "Область пространственного заряда" ?
 - 1) это область, обедненная подвижными носителями заряда.
 - 2) это область с повышенной концентрацией подвижных носителей _____ заряда.
 - 3) это область, где заряд положительных ионов компенсирован зарядом подвижных электронов
4. В реальном р-п-переходе прямой ток больше или меньше чем идеализированном и по какой причине?
 - 1) меньше, из-за тока термегенерации, который направлен против прямого тока.
 - 2) больше, из-за тока рекомбинации электронов и дырок в обедненной области
 - 3) больше, из-за влияния последовательного сопротивления базы
 - 4) меньше, из-за эффектов инжекции, экстракции неосновных носителей и их диффузии в нейтральных областях
5. Почему при освещении кремниевого р-п- перехода солнцем между контактами к р и п областям появляется разность потенциалов?
 - 1) в результате нагрева р-п- перехода и термоэлектрического _____ эффекта Пельтье.
 - 2) в результате возникновения градиента концентрации носителей заряда и эффекта Дембера
 - 3) в результате разделения фотогенерированных носителей полем р-п- перехода.
6. Измерения показали, что у диода №1 пробой носит лавинный характер, у диода №2 пробой носит туннельный характер. В каком из диодов пробивное напряжение выше?
 - 1) в 1-м
 - 2) во 2-м
 - 3) одинаково
7. Какое из следующих утверждений для гомоперехода верное:
 - 1) контактная разность равна разности термодинамических работ выхода р и п областей;
 - 2) контактная разность равна разности уровней Ферми р и п областей;
 - 3) контактная разность равна разности сродства к электрону р и п областей.
 - 4) все утверждения

Вариант 3

1. У диода из какого материала (Ge, Si, GaAs) выше вероятность теплового пробоя?
 - 1) Вероятность пробоя не зависит от материала
 - 2) Ge
 - 3) Si

2. При изготовлении выпрямителя было использовано параллельное соединение диода из Si и GaAs. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
 - 1) одинокого нагреются
 - 2) диод из Si
 - 3) диод из GaAs
3. Обратный ток реального р-п-перехода больше или меньше чем в идеализированном и почему?
 - 1) больше, так как в реальном р-п-переходе в обратный ток вносит вклад ток, обусловленный рекомбинацией носителей в обедненной области
 - 2) больше, так как в реальном р-п-переходе существует также токи термогенерации носителей.
 - 3) Меньше, так как токи термогенерации носителей в реальном р-п-переходе направлены против обратного тока
 - 4) Меньше, вследствие эффекта модуляции сопротивления базы
4. Какова должна быть степень легирования базовой области стабилитрона в зависимости от величины напряжения стабилизации?
 - 1) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть относительно высокой, чем для низковольтных
 - 2) для низковольтных стабилизаторов степень легирования примесями базовой области должна быть относительно низкой, чем для высоковольтных
 - 3) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть низкой, а для низковольтных - высокой.
5. После радиационного облучения диода время жизни неосновных носителей заряда в р и п областях упало. Как изменилась контактная разность потенциалов?
 - 1) увеличилась
 - 2) уменьшилась
 - 3) не изменилась
6. Как изменится обратный ток р-п -перехода в SiC при уменьшении степени легирования его областей, если все остальные параметры остались неизменными?
 - 1) не изменится
 - 4) увеличится
 - 3) уменьшится
7. У диода, включенного в прямом направлении определенный участок ВАХ можно аппроксимировать прямой линией. При нагреве диода эта прямая линия будет смещаться к началу координат. Чем объяснить это смещение?
 - 1) увеличением обратного тока диода
 - 2) уменьшением контактной разности потенциалов.
 - 3) изменением сопротивления толщи областей материала диода.

Вариант 4

1. По какому закону на начальном участке ВАХ ток смещенного в прямом направлении р-п- перехода зависит от напряжения?
 - 1) по линейному
 - 2) по квадратичному.
 - 3) по экспоненциальному
2. На основе Si изготовили два диода с симметричным р-п- переходом. Степень легирования областей диода 1 составляет 10^{16} см^{-3} , у второго диода 10^{15} см^{-3} . У какого из диодов напряжение пробоя выше?
 - 1) второго диода.

- 2) диода 1
- 3) у обоих диодов одинаково
3. При прямых токах, превышающих предельно допустимое значение, диод, как правило, выходит из строя. Какова наиболее частая причина отказа?
 - 1) электрический пробой
 - 2) тепловой пробой или выгорание р-п-перехода
 - 3) туннельный пробой
4. Чем гетеропереход принципиально отличается от гомоперехода?
 - 1) наличием областей с различной шириной запрещенной зоны
 - 2) возможностью образования как анизотипных, так и изотипных переходов
 - 3) наличием различных барьеров для электронов и дырок, что позволяет получить одностороннюю инжекцию
 - 4) видом ВАХ, сильно зависящим от концентрации дефектов вблизи металлургической границы
5. Из какого материала изготовлен диод 2С139Д-1?
 - 1) арсенида галлия
 - 2) карбида кремния
 - 3) германия
 - 4) кремния
6. Можно ли с помощью вольтметра непосредственно измерить величину потенциального барьера в р-п- переходе (подключив вольтметр к контактам к р и п областям) ?
 - 1) нет
 - 2) да
 - 3) можно с большой погрешностью
9. Как зависит фото-ЭДС солнечного преобразователя от ширины запрещенной зоны материала E_g
 - 1) фото-ЭДС не зависит от E_g .
 - 2) чем больше E_g , тем меньше фото –ЭДС
 - 3) чем больше E_g , тем больше значение фото-ЭДС

Вариант 5

1. У какого из перечисленных ниже полупроводников самая низкая собственная концентрация носителей заряда: Ge, Si, GaAs ?
 - 1) Ge
 - 2) Si
 - 3) GaAs
 - 4) Собственные концентрации при комнатной температуре в данных материалах равны
2. Почему если механически соединить кусочки полупроводников р и п типа (с идеально чистой поверхностью), не удастся получить хороший диод?
 - 1) Не удастся осуществить совмещение кристаллических решеток.
 - 2) Не удастся создать идеально ровные поверхности.
 - 3) Не удастся обеспечить плотный контакт.
3. Как изменится обратный ток р-п- перехода в Si при уменьшении концентрации основных примесей р- и п- областей, если все остальные параметры остались неизменными?
 - 1) не изменится
 - 2) увеличится
 - 3) уменьшится
4. Разработчик получил задание в диоде из Si уменьшить прямое падение напряжения. Он решил достигнуть этого уменьшая сопротивление толщи

полупроводникового материала, увеличив степень легирования. Как при этом изменится обратный ток диода?

- 1) увеличиться
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

6. Из какого материала изготовлен диод 3A530?

- 1) из кремния
- 2) германия
- 3) арсенида галлия.