

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа
11.03.04 - Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2016

Рабочая программа дисциплины «**Контактные явления в полупроводниках**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника (уровень: бакалавриат) - Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Курбанов М.К., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «25» мая 2016 г., протокол № 10

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «26» мая 2016 г., протокол № 9.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«27» мая 2016 г.  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	5
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	8
5. Образовательные технологии.....	14
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов...	15
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	17
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.....	18
8. Критерии оценок при сдаче зачета	22
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	23
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	24
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	24
12. Вопросы для итогового контроля по дисциплине.....	24
13. Тесты для итогового контроля по дисциплине «Контактные явления в полупроводниках»	26

Аннотация рабочей программы дисциплины

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

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в p-n 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:

общекультурных: способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

общепрофессиональных: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

профессиональных: 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						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	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 ООП ВПО 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).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
-------------	-------------------------------------	---

ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать:</p> <p>понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»; формы, технологии организации самостоятельной работы; пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения*;</p> <p>виды, формы контроля успеваемости в вузе</p> <p>Уметь:</p> <p>системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения;</p> <p>использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы;</p> <p>объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования</p> <p>Владеть:</p> <p>культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; навыками составления результат ориентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и вне учебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.</p>
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе	<p>Знать:</p> <p>основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</p> <p>состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов</p>

ОПК-2	<p>знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p> <p>способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники.</p> <p>понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий.</p> <p>методы вычислительной физики и математического моделирования структур, приборов или технологических процессов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современной электроники</p> <p>создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами современной электроники.</p> <p>Владеть:</p> <p>методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности</p>
ПК-3	<p>готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов,</p>	<p>Знать:</p> <p>основные закономерности формирования омических контактов, электронно-дырочных переходов, поверхностно-барьерных структур, гетеропереходов, физические принципы работы приборов</p>

	публикаций, презентаций.	<p>твердотельной электроники, основные параметры полупроводниковых приборов; классификацию электронно-дырочных переходов по технологическим, конструкционным, эксплуатационным характеристикам; основные электрические, оптические свойства полупроводниковых материалов; механизмы протекания тока в электронно-дырочных переходах и барьерах Шоттки; условно-графические обозначения и области применения приборов электроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>качественно объяснять процессы, происходящие в электронно-дырочных переходах и в поверхностно-барьерных структурах, принцип работы полупроводникового диода;</p> <p>Владеть:</p> <p>методами количественного формулирования и решения задач в области электроники;</p> <p>методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физических основ электроники;</p> <p>методами экспериментальных исследований основных параметров электронно-дырочных переходов и барьеров Шоттки;</p>
--	--------------------------	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **4** 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 (<i>по неделям семестра</i>) Форма промежуточной аттестации (<i>по семестрам</i>)
				Лекции	Практическ ие занятия	Лабораторн ые 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. Выпрямление тока на контакте металл- полупроводник	8		2	4			6	(ДЗ), (С), (РС)
	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 p-n переходы. Особенности ВАХ реального диода. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в p-p-переходе. Ток рекомбинации. Сопротивление базы. Характеристики диода при высоком уровне инжекции. ВАХ реального диода . Структура тока в базе диода.

Модуль 2.

Тема 1. Диффузионная теория выпрямления тока. Механизмы пробоя p-p-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
Тема2.	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.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; методы вычислительной физики и математического моделирования; классификацию твердых тел с точки зрения зонной теории, их тепловые, электрические, магнитные, оптические свойства; физические свойства систем пониженной размерности	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	Уметь: анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле; применять методы описание кристаллических структур, моделировать физические процессы	Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	Владеть: методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики электронно-дырочных переходов и барьеров Шоттки; методами количественного формулирования и решения задач в области физики электрических переходов; методами экспериментальных	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.

	<p>исследований свойств многослойных анизотипных структур на современном инновационном оборудовании.</p> <p>методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики конденсированного состояния вещества.</p>	
--	---	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции

ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о самостоятельной работе по предмету, формах организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, способов оценки результатов обучения	Знаком с методами организации самостоятельной работы и самоконтроля, путями их достижения, а также способами оценки результатов обучения	Показывает знания методов организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения	Демонстрирует четкие знания методов и умение организации самостоятельной работы и самоконтроля, показывает готовность к пониманию путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения
Базовый	Общее представление о	Знаком с методами	Демонстрирует знание	Показывает знания методов

	методах анализа и обобщения информации, умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы	анализа и обобщения информации, может участвовать в формулировке цели и предлагать пути их достижения	методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения	анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения, готовность использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы
--	--	---	--	--

ОПК-1

способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление об основных положениях, законах и методах естественных наук и математики, представление о научной картине мира	Имеет общее представление о основных положениях, законах и методах естественных наук и математики и о научной картине мира	Демонстрирует знание основных положений, законов и методов естественных наук и математики, и о научной картине мира	Показывает знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, умеет представлять научную картину мира

Базовый	Умение представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Имеет общее представление о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, имеет представление о научной картине мира	Демонстрирует знание современного состояния и мировых тенденций развития естественных наук и математики, адекватно представляет научную картину мира	Способен систематизировать и обобщать знания о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, умеет грамотно представлять научную картину мира
---------	---	--	--	---

ОПК-2

способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Общее представление о проблематике, основных закономерностях формирования конденсированного состояния, знаком с	Имеет общее представление о проблематике физики конденсированного состояния, знаком с	Демонстрирует знание проблематики, знает основные закономерности физики электрических переходов, проявляет готовность	Показывает знания в области физики электрических переходов, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению

	ы сред, умение привлекать для их решения соответствующий	физико-математическим аппаратом для решения возникающих проблем	самостоятельно находить пути их решения	нового материала
Базовый	Умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Имеет общее представление о природе физики электрических переходов, обладает навыками применения физико-математического аппарата для решения возникающих	Показывает знания в области физики электрических переходов, использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем	Демонстрирует умение выявлять естественнонаучную сущность проблем электрических переходов, умение самостоятельно находить методы решения типовых задач

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

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения	Имеет общее представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения	Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов	Демонстрирует навыки применения методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов

	свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	свойств электрических переходов	изучения свойств электрических переходов и поверхностно барьерных структур и их представления в виде научных отчетов	изучения свойств электрических переходов и поверхностно барьерных структур, умение представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Базовый	Умение анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Показывает навыки анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, умение работать с литературными источниками	Способен анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Имеет успешный опыт анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств электрических переходов и поверхностно барьерных структур, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине не ставится.

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. Учебно-методическое и информационное обеспечение 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 экспериментальной 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 р-п переходов.
36. Методы исследования р-п 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 p-n- 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 p-n-переходе прямой ток больше или меньше чем в 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 p-n- перехода солнцем между контактами к p и n областям появляется разность потенциалов?
 - 1) в результате нагрева p-n- перехода и термоэлектрического эффекта Пельтье.
 - 2) в результате возникновения градиента концентрации носителей заряда и эффекта Дембера
 - 3) в результате разделения фотогенерированных носителей полем p-n- 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 верно:
 - 1) контактная разность равна разности термодинамических работ выхода p и n областей;
 - 2) контактная разность равна разности уровней Ферми p и n областей;
 - 3) контактная разность равна разности сродства к электрону p и n 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 p-n-перехода больше или меньше чем в идеализированном и почему?
 - 1) больше, так как в реальном p-n-переходе в обратный ток вносит вклад ток, обусловленный рекомбинацией носителей в обедненной области
 - 2) больше, так как в реальном p-n-переходе существует также токи термогенерации носителей.
 - 3) Меньше, так как токи термогенерации носителей в реальном p-n-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 p и n областях упало. Как изменилась контактная разность потенциалов?
- 1) увеличилась
 - 2) уменьшилась
 - 3) не изменилась
6. Как изменится обратный ток p-n -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 p-n- перехода зависит от напряжения?
 - 1) по линейному
 - 2) по квадратичному.
 - 3) по экспоненциальному
2. На основе Si изготовили два диода с симметричным p-n- 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 p-n-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 p-n- переходе (подключив вольтметр к контактам к p и n 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 p и n 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 p-n- перехода в Si при уменьшении концентрации основных примесей p- и n- 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.