



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПЕРЕХОДОВ**
Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа
11.04.04- Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:
Физика полупроводников и диэлектриков
Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Базовая

Махачкала 2017

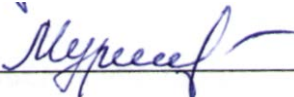
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: Магистратура)– Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

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

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 31 » марта 2017г., протокол № 7.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г.  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Аннотация рабочей программы | 3 |
| 1. Цели освоения дисциплины..... | 4 |
| 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры..... | 5 |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины..... | 5 |
| 4. Объем, структура и содержание дисциплины..... | 8 |
| 5. Образовательные технологии..... | 13 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов... | 14 |
| 7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины..... | 15 |
| 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы..... | 16 |
| 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания..... | 17 |
| 7.4. Список контрольных вопросов по дисциплине..... | 20 |
| 7.5. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций..... | 20 |
| 7.6. Критерии оценок на зачете..... | 21 |
| 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины..... | 22 |
| 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины..... | 23 |
| 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.... | 23 |
| 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем..... | 24 |
| 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине..... | 25 |

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика и технология электрических переходов» входит в базовую, часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами современной физики и технологии электронно-дырочных переходов, гетеропереходов, поверхностно-барьерных структур и омических

контактов между металлами, полупроводниками и другими материалами электронной техники.

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 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 зачет | 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 | | | |
| 1 | 71 | 14 | 18 | | | | 39 | зачет |

1. Цели освоения дисциплины

Содержание дисциплины «Физика и технология электрических переходов» направлено на ознакомление магистров с физическими процессами, происходящими в электрических переходах в полупроводниках, на контакте металл-полупроводник и в гетеропереходах, являющихся основой многих приборов и устройств электроники и микроэлектроники, а также изучение основных технологий создания электрических переходов.

Главное внимание уделяется выработке понимания физики и умения математически описать процессы, происходящие омических контактах, р-п-переходах, гетеропереходах, барьерах Шоттки, находящихся в равновесных

и неравновесных состояниях, а также освоению технологий эпитаксии, диффузии, ионного легирования и др., методов формирования электрических переходов в многослойных структурах.

В лабораторном практикуме студенты должны закрепить полученные знания и овладеть современными технологическими процессами формирования электрических переходов и методами экспериментального изучения характеристик р-п -переходов.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.

Дисциплина «Физика и технология электрических переходов» входит в федеральный компонент цикла специальных дисциплин и является обязательной для изучения.

Основные требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание основ высшей математики, основ общей физики, особенно разделов электричество, оптика, атомная физика,

Для успешного освоения дисциплины «Физика и технология электрических переходов» студенты должны иметь знания по дисциплинам теоретические основы электроники, физика твердого тела, физика полупроводников и квантово-оптическая физика.

Освоению дисциплины «Физика и технология электрических переходов» должно предшествовать изучение дисциплин «Материалы электронной техники», «Физика полупроводников».

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

Выпускник по направлению подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника» с квалификацией (степенью) «магистр» в соответствии с задачами профессиональной деятельности и целями основной образовательной программы должен обладать следующими компетенциями:

а) Общекультурные компетенции (ОК):

- в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности (ОК-5);
- готов к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности (ОК-6);
- способен адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности (ОК-7);
- способен позитивно воздействовать на окружающих с точки зрения соблюдения норм и рекомендаций здорового образа жизни (ОК-8);
- готов использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов (ОК-9);

б) профессиональными (ПК):

Общепрофессиональные компетенции:

- способен использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин магистерской программы (ПК -1);
- способен демонстрировать навыки работы в научном коллективе, порождать новые идеи (креативность) (ПК -2);
- способен понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ПК -3);
- способен самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ПК -4);
- способен к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ПК -5);
- готов оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы (ПК -6);

Компетенции по видам деятельности:

Проектно-конструкторская деятельность:

- способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК -7);
- готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК -8);
- умеет проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований (ПК -9);
- способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями (ПК -10).

Проектно-технологическая деятельность:

- способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники (ПК -11);
- владеет методами проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства (ПК -12);
- умеет разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники (ПК -13);
- готов обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов (ПК -14);
- готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства (ПК -15).

Научно-исследовательская деятельность:

- готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирает теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач (ПК -16);
- умеет с использованием современных языков программирования разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач (ПК -17);
- знает и владеет принципами планирования и автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, владеет навыками измерений в реальном времени (ПК -18);
- способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (ПК -19);
- способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК -20);

Организационно-управленческая деятельность:

- способен организовывать работу коллективов исполнителей (ПК -21);
- готов участвовать в поддержании единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции (ПК -22);
- готов участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта (ПК -23);
- способен участвовать в подготовке документации для создания и развития системы менеджмента качества предприятия (ПК -24);
- способен разрабатывать планы и программы инновационной деятельности в подразделении (ПК -25).

Научно-педагогическая деятельность:

- способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ магистров (ПК -26);
- владеет навыками разработки учебно-методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий (ПК -27).

В результате изучения дисциплины «Физика и технология электрических переходов» студент должен:

1.2.1. Знать и уметь:

- Ясное представление о типах электрических переходов, об их принципиальных отличиях, о физических процессах в р-п-переходах, находящихся в различных состояниях.

- Знать сходство и различия идеализированных и реальных р-п-переходов, гетеропереходов и барьеров Шоттки.
- Уметь рассчитать основные параметры р-п-переходов и барьеров Шоттки.
- Иметь представления об экспериментальных методах исследования р-п-переходов и поверхностно-барьерных структур.
- Иметь представление о современных технологиях формирования электрических переходов, создания анизотипных структур методами эпитаксии, диффузии, ионного внедрения.

1.2.2. Иметь навыки:

- применения современных методов исследования электрических, емкостных, оптических и других свойств электрических переходов, интерпретации экспериментальных данных;
- работы с аппаратурой и приборами, которые могут быть использованы для этих целей.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2** зачетных единиц, **108** 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) | | | Формы текущего контр (по неделям семест.). Формы промеж. Аттестац (по семест) |
|----------|---|---------|-----------------|--|---------------------|-----------------|---|
| | | | | Лекции | Практич. и семинары | Лаборат. работы | |
| 1 | Понятие о электр. переходах. Физика омических контактов | 1 | 1; 8; | 2 | | 2 | Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС) |
| 2 | Физика и технология р-п-переходов. Равновесное состояние р-п-перехода. | 1 | 2; 9; | 2 | | 2 | (ДЗ), (С), (РС) |
| 3 | Неравновесное состояние р-п-перехода | 1 | 3; 10; | 2 | | 4 | (ДЗ), (С), (РС) |
| 4 | Физика и технология гетеропереходов. Электрические свойства гетеропереходов | 1 | 4; 11; | 2 | | 2 | (ДЗ), (С), (РС) |

| | | | | | | | |
|--------|---|---|---------------|----|--|----|-----------------|
| 5 | Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки | 1 | 5; 12; | 2 | | 4 | (ДЗ), (С), (РС) |
| 6 | Современные методы исследования электрических переходов | 1 | 6; 13; 14; | 4 | | 4 | |
| Итого: | | | | 14 | | 18 | Зачет |

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

Модуль 1.

Тема 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.

Тема 2. Равновесное 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. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования р-п-переходов.

Тема 3. Неравновесное состояние р-п-перехода. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Квазиуровни Ферми для электронов и дырок. Энергетические диаграммы неравновесного р-п-перехода. Граничные условия. Ширина р-п-перехода. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток. Температурная зависимость прямой ветви. Формирование р-п-переходов методом ионной имплантации.

Тема 4. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции

в гетеропереходах. Особенности ВАХ гетероперехода. Методы получения анизотипных гетеропереходов.

Модуль 2.

Тема 5. Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой. Основные параметры барьера Шоттки. 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 6. 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

| Наименование разделов и тем | Всего часов по учебному плану | Виды учебных занятий | | | |
|--|-------------------------------|----------------------|----------------|---------------|-------------------|
| | | Аудиторные занятия | | | Самостоят. работа |
| | | Лекции | Практич. занят | Лабор. работы | |
| Разд. 1. Понятие о электр. переходах. Физика омических контактов | 4 | 2 | | 2 | |
| 1. Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о р-п-переходе. Определение и классификация р-п-переходов. Плавные, симметричные, несимметричные р-п-переходы. 2. Структура р-п-перехода. Физический переход, металлургический переход. | | | | | |
| Разд. 2. Физика и технология р-п-переходов. Равновесное состояние р-п-перехода. | 4 | 2 | | 2 | |

| | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|
| <p>1.Равновесное состояние р-п-перехода. Токи через р-п-переход в равновесном состоянии.</p> <p>2.Методика расчета параметров р-п-переходов. Расчет параметров ступенчатого р-п-перехода. Переход с линейным распределением примеси.</p> <p>3. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток.</p> <p>4. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования р-п-переходов.</p> | | | | | |
| Разд. 3. Неравновесное состояние р-п-перехода | 6 | 2 | | 4 | |
| <p>1. Неравновесное состояние р-п-перехода. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Квазиуровни Ферми для электронов и дырок.</p> <p>2.Энергетическая диаграмма неравновесного р-п-перехода. Граничные условия. Ширина р-п-перехода.</p> <p>3. Формирование ионно-имплантированных переходов</p> | | | | | |
| Разд. 4. Физика и технология гетеропереходов. Электрические свойства гетеропереходов. | 4 | 2 | | 2 | |
| <p>1. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.</p> <p>2. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.</p> | | | | | |
| Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки | 6 | 2 | | 4 | |
| <p>1. Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой.</p> <p>2. Основные параметры барьера Шоттки. 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.</p> | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
| Разд. 6. Современные методы исследования электрических переходов | 8 | 4 | | 4 | |
| 1. Методы исследования р-п переходов и поверхностно –барьерных структур. 2.Метод вольтамперных характеристик. 3.Метод вольтфарадных характеристик. 4.Методы измерения высоты потенциального барьера. 5. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод. | | | | | |

Темы лабораторных работ

| № | Наименование лабораторных работ |
|---|--|
| 1 | Формирование карбидокремниевого р-п перехода методом газофазной эпитаксии |
| 2 | Формирование барьера Шоттки на подложке кремния методом магнетронного распыления |
| 3 | Формирование гетероструктуры на подложке карбида кремния |
| 4 | Измерение вольтамперных характеристик кремниевых р-п переходов |
| 5 | Измерение емкостных характеристик кремниевых р-п переходов |
| 6 | Исследование фотоэлектрических свойств кремниевых р-п переходов и барьеров Шоттки. |
| 7 | Измерение высоты потенциального барьера кремниевого р-п перехода |
| 8 | Измерение контактной разности потенциалов и толщины ООЗ в кремниевом диоде |
| 9 | Измерение напряженности электрического поля в ООЗ кремниевого р-п перехода |

Содержание разделов самостоятельной работы

| № | Содержание темы |
|----|---|
| 1. | Электрические переходы. Физика и технология омических контактов к полупроводниковым материалам |
| 2. | Равновесное состояние р-п-перехода. Основные параметры равновесного электронно-дырочного перехода. Диффузионные и эпитаксиальные технологии р-п-переходов. |
| 3. | Неравновесное состояние р-п-перехода. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Формирование электрических переходов методами ионной имплантации. |
| 4. | Технология гетеропереходов. Электрические свойства анизотипных гетеропереходов |
| 5. | Физика поверхностно-барьерных структур. Технология поверхностно-барьерных структур, барьеры Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки |
| 6. | Современные методы исследования электрических переходов. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения и расчета высоты потенциального барьера Шоттки. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод. |

5.Образовательные технологии.

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

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 соответствие 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.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых метериалов» 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 контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Дагосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В учебном процессе по дисциплине «Физика и технология электрических переходов» широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекционные занятия проводятся в аудитории 2-41, где имеется электронная проекционная доска с ноутбуком. Во время лекций студентам демонстрируются видеофильмы о методах исследования полупроводниковых материалов и структур, анимации принципов измерения и др. Демонстрируются структурные схемы измерительных установок, используемые измерительные приборы их характеристики и многое другое.

Также предусмотрено посещение научных лабораторий физического факультета ДГУ, института физики ДЦН с целью ознакомления студентов современной приборной базой научно-исследовательских лабораторий.

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

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 10 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения 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: <ul style="list-style-type: none"> • основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; • методы экспериментальной физики и математического моделирования; • классификацию твердых тел с точки зрения зонной теории, их тепловые, электрические, магнитные, оптические свойства; • физические свойства полупроводниковых материалов | Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах |
| ОПК-1, ОПК-2, ПК-3 | Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • описывать и качественно объяснять основные свойства полупроводников; применять методы исследования кристаллических структур, моделировать физические процессы | Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах |
| ОПК-1, ОПК-2, ПК-3 | Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • методологией теоретических и экспериментальных методов исследования физических свойств материалов электронной техники; • Современными экспериментальными методами контроля свойств твердых тел на современном инновационном оборудовании. • методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами контроля параметров полупроводников. | Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция. |

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 методах анализа и обобщения информации, умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы | Знаком с методами анализа и обобщения информации, может участвовать в формулировке цели и предлагать пути их достижения | Демонстрирует знание методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения | Показывает знания методов 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 | Имеет общее представление о основных положениях, законах и методах | Демонстрирует знание основных положений, законов и методов естественных наук и | Показывает знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, умеет |

| | | | | |
|---------|---|--|--|---|
| | наук и математики, представление о научной картине мира | естественных наук и математики и о научной картине мира | математики, и о научной картине мира | 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 конденсированных сред, умение привлекать для их решения соответствующий | Имеет общее представление о проблематике физики конденсированного состояния, знаком с физико-математическим аппаратом для решения возникающих проблем | Демонстрирует знание проблематики, знает основные закономерности физики конденсированного состояния, проявляет готовность самостоятельно находить пути их решения | Показывает знания в области физики конденсированного состояния, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению нового материала |
| Базовый | Умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | Имеет общее представление о природе физики конденсированных сред, обладает навыками применения физико-математического аппарата для решения возникающих | Показывает знания в области физики конденсированного состояния, использовать навыки физико-математического аппарата для решения возникающих проблем | Демонстрирует умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, 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 свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций. | Имеет общее представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред | Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных отчетов | Демонстрирует навыки применения методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, 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 конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций |

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

7.3. Типовые контрольные задания

Рекомендации к последовательности выполнения реферата.

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:

2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

7.4 Список контрольных вопросов по дисциплине

1. Электрические переходы. Свойства контакта М-п/п.
2. ВАХ реального диода
3. Понятие о р-п-переходе. Определение и классификация р-п- переходов
4. Механизмы пробоя р-п-перехода.
5. Энергетическая диаграмма равновесного и неравновесного р-п-перехода
6. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.

7. Модель идеализированного диода.

8. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
9. Сопротивление базы. Характеристики диода при высокой степени уровне инжекции.

10. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток.
11. Структура и основные параметры р-п-перехода. Понятие физического р-п- перехода, металлургического р-п-перехода.
12. Механизм инерционности диода.
13. Токи через р-п-переход в равновесном состоянии.
14. Особенности ВАХ реального диода.
15. Барьерная емкость
16. Понятие идеального гетероперехода. Реальные гетеропереходы. Требования к материалам гетеропары.
17. Омические контакты М-п/проводник., методы их формирования.
18. Метод вакуумно- термического осаждения металлических пленок.
19. Метод молекулярно-лучевого осаждения пленок.
20. Газофазные эпитаксиальные технологии создания р-п-переходов в полупроводниках
21. Ионно-плазменные технологии создания электрических переходов.
22. Диффузионные технологии формирования электрических переходов в полупроводниках.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих

этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

7.6 Критерии оценок на зачете

В зачетный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, 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.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

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

8.1 Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов.ч.1. -М., Мир, 1984.
2. Старосельский В.И. Физика р-п-переходов. Курс лекций. -М.Высшая школа, 1995.
3. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл- полупроводник // -М. Мир. 1975. -С. 57.

Дополнительная литература:

4. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. //-М., "Высшая школа". 1987. -С. 239.
5. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников // -Л.. 1972. -С. 104.
6. Интернет- ресурсы.

8.2 Информационное обеспечение дисциплины.

- Компьютерная программа моделирования картин дифракции быстрых электронов в твердых телах.
- Компьютерная программа моделирования рентгеновских дифрактограмм материалов и структур электроники.
- Компьютерная программа анализа и обработки спектральной информации (Оже- электронная спектроскопия, рентгено-спектральный микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия).
- Компьютерная программа для формирования и обработки изображений в различных режимах растровой электронной микроскопии.
- электронная библиотека курса «Методы исследования материалов и структур электроники»;
- ссылки на интернет-ресурсы.

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

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. www.affp.mics.msu.su

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

| Вид | Организация деятельности студента |
|-----|-----------------------------------|
|-----|-----------------------------------|

| | |
|-----------------------------|--|
| учебных занятий | |
| <i>Лекция</i> | <i>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.</i> |
| <i>Практические занятия</i> | <i>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</i> |
| <i>Реферат</i> | <i>Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.</i> |
| <i>Подготовка к зачету</i> | <i>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.</i> |

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

12. 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 магистров, 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.

12.1 Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Перечень технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины:

- учебные плакаты с графической информацией;
- Измерительные приборы и источники питания учебного назначения;
- Автоматизированный растровый электронный микроскоп (на каф. ФЭ);
- Автоматизированный дифрактометр быстрых электронов (на каф. ФЭ);
- Рентгеноспектральный микроанализатор (на каф. ЭФ).
- стенд для измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур (на каф. ЭФ);
- стенд для вольт-фарадных измерений параметров структур с объемным зарядом (на каф. ЭФ);
- сканирующий туннельный микроскоп – профилометр (на каф. ФЭ);
- интерферометр (на каф. ЭФ);
- рентгено-флюоресцентный спектрометр (лаб. коллектив. польз).