

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУР**
Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа
11.04.04- Электроника и наноэлектроника

Профили подготовки:
Физика полупроводников и диэлектриков

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2016

Рабочая программа дисциплины **«Физика и технология полупроводниковых гетероструктур»** составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04-Электроника и наноэлектроника (уровень: Магистратура) – Приказ Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. №1407.

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 магистратуры	6
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины	11
5. Образовательные технологии	15
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов ...	16
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	17
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы	18
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания	19
7.3. Типовые контрольные задания	27
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	36
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	37
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	38
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ...	39
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	40
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	40

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» входит в вариативную часть по выбору 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 полупроводниковых гетероструктур, гетеропереходов, поверхностно-барьерных структур.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общекультурных: способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-2);

общепрофессиональных: способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1); готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (ОПК-5);

профессиональных: готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач (ПК-1);

способностью 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-5);

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

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

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							
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
1	108	10		22			76	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Содержание дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» направлено на ознакомление магистров с физическими процессами в гетероструктурах, с процессами токопереноса в полупроводниковых гетероструктурах, на контакте металл-полупроводник, являющихся основой многих приборов и устройств электроники и микроэлектроники, а также изучение основных технологий создания полупроводниковых гетероструктур.

Главное внимание уделяется выработке понимания физики и умения математически описать процессы, происходящие в гетеропереходах, барьерах Шоттки, находящихся в равновесных и неравновесных состояниях, а также освоению технологий эпитаксии, диффузии, ионного легирования и др., методов формирования многослойных гетероструктур.

На практических занятиях студенты должны закрепить полученные знания и овладеть современными технологическими процессами формирования гетероструктур и методами экспериментального изучения электрических, емкостных и оптических характеристик анизотипных гетероструктур.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.

Дисциплина «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» входит в федеральный компонент цикла вариативных дисциплин и является дисциплиной по выбору.

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,
- физика конденсированного состояния.
- физические основы электроники.

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

Освоению дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» 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:

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-2	способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике полупроводниковых гетероструктур; • современные методы научно-исследовательской работы; • принципы работы современного технологического оборудования и методик, используемых при формировании, синтеза гетероструктур <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом; • использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы; • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности; • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях.
ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы физики и технологии классических полупроводниковых материалов и их структур, основы энергетической зонной теории полупроводников и металлов,

	решения	<p>основы зонной диаграммы многослойных гетероструктур;</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках и гетероструктурах, как на классическом, так и на квантовом уровне; • современные тенденции развития технологии получения гетероструктур, физики материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетеропереходах о барьерах Шоттки; • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и гетерэпитаксиальных структур на их основе; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики и технологии полупроводников, так и в области физики и технологии гетероструктур; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников и многослойных гетероструктур; • методами количественного формулирования и решения практических задач по физике полупроводников и многослойных гетероструктур;
--	---------	--

ОПК-5	<p>готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; • применять методы моделирования физических процессов в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки с использованием методов вычислительной физики; • оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; • аргументированно защищать результаты выполненной работы <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д. • навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями; • навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.
ПК-1	<p>готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные направления и тенденции развития современной микро- и нанoeлектроники; • материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; • современные полупроводниковые гетероструктуры, перспективы их применения в связи с развитием многослойной твердотельной электроники; • технологические возможности перспективных методов получения гетероструктур на основе полупроводников и металлов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать информационные источники

	сформулированных задач	<p>для получения новых знаний о свойствах и области полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки в электронике и наноэлектронике;</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и наноэлектроники; • выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; • формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; • методами экспериментальных исследований свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки на современном инновационном оборудовании; • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики и технологии гетероструктур.
ПК-5	способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; • свойств анизотипных гетеропереходов и барьеров Шоттки; • полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки с точки зрения перноса в них заряда; • методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; • электрические, оптические и фотоэлектрические свойства полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; • механизмы протекания тока; • квантоворазмерные эффекты и физические

		<p>свойства в гетеросистемах пониженной размерности;</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать специализированные знания в области физики полупроводников для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в гетероструктурах и приборах и устройствах электроники и наноэлектроники на их основе; • подбирать энергетические зонные модели гетероструктур для описания основных механизмов переноса тока в них; • оценивать пределы применимости той или иной модели гетероструктуры, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники; • по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники на гетероструктурах. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; • опытом использования результатов исследований для оформления научных проектов, грантов, участия в различных молодежных конкурсах; • опытом внедрения результатов исследований на практике.
--	--	---

А также, в результате изучения дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» магистр должен:

1.2.1. Знать и уметь:

- Ясное представление о типах электрических переходов, об их принципиальных отличиях, о физических процессах в гетеропереходах, находящихся в различных состояниях.
- Знать сходство и различия идеализированных и реальных гетеропереходов и барьеров Шоттки.
- Уметь рассчитать основные параметры гетеропереходов и барьеров Шоттки.
- Иметь представления об экспериментальных методах исследования изо- и анизотипных гетеропереходов и поверхностно-барьерных

структур.

- Иметь представление о современных технологиях формирования полупроводниковых гетеропереходов, создания анизотипных структур методами эпитаксии, диффузии, ионного внедрения.

1.2.2. Иметь навыки:

- применения современных методов исследования электрических, емкостных, оптических и других свойств электрических гетеропереходов, 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	Основные сведения о технологии полупроводниковых гетеропереходов.	1	1; 7; 13	2	4		Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2	Равновесное и неравновесное состояние анизотипных гетеропереходов.	1	2; 8; 14	2	6		(ДЗ), (С), (РС)
3	Электрические свойства гетеропереходов. ВАХ, ВФХ анизотипных гетеропереходов	1	3; 9; 15	2	4		(ДЗ), (С), (РС)
4	Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки	1	5; 11; 17	2	4		(ДЗ), (С), (РС)
5	Современные методы	1	8; 12;	2	4		

	исследования полупроводниковых гетеропереходов		18				
Итого:			10	22			Зачет

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

Модуль 1.

Тема 1. Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о гетероструктуре. Определение и классификация гетероструктур. Изотипные и анизотипные гетеропереходы. Двойные и многослойные гетеропереходы. Основные критерии формирования гетеропереходов, подбора гетеропар. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования гетеропереходов. Ионно-плазменные методы получения полупроводниковых гетеропереходов.

Тема 2. Равновесное и неравновесное состояние гетероперехода. Энергетическая диаграмма и токи через гетеропереход в равновесном и неравновесном состоянии. Модели гетеропереходов. Расчет параметров анизотипного гетероперехода.

Тема 3. Понятие идеального гетероперехода, модель Андерсона. Механизмы переноса тока в гетеропереходах. Инжекция и рекомбинация. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Особенности ВАХ гетероперехода.

Модуль 2.

Тема 4. 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 p-n переходов. Применение диодов Шоттки.

Тема 5. Методы исследования полупроводниковых гетероструктур 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			Самост. оят. работа
		Лекции	Практич. занят	Лабор. работы	
Разд. 1. Понятие о гетеропереходе. Основные сведения о технологии гетеропереходов	6	2	4		
Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о гетероструктуре. Определение и классификация гетероструктур. Изотипные и анизотипные гетеропереходы. Двойные и многослойные гетеропереходы. Основные критерии формирования гетеропереходов, подбора гетеропар. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования гетеропереходов. Ионно-плазменные методы получения полупроводниковых гетеропереходов.	6	2	4		
Разд. 2. Равновесное и неравновесное состояние анизотипных гетеропереходов.	6	2	4		
Равновесное и неравновесное состояние гетероперехода. Энергетическая диаграмма и токи через гетеропереход в равновесном и неравновесном состоянии. Модели гетеропереходов. Расчет параметров анизотипного гетероперехода.	6	2	6		
Разд. 3. Электрические свойства гетеропереходов. ВАХ, ВФХ анизотипных гетеропереходов	6	2	4		
Понятие идеального гетероперехода, модель Андерсона. Механизмы переноса тока в гетеропереходах. Инжекция и рекомбинация. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Особенности ВАХ гетероперехода.	6	2	4		

Разд. 4. Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки	6	2	4		
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.	6	2	4		
Разд. 5. Современные методы исследования полупроводниковых гетеропереходов	6	2	4		
Методы исследования полупроводниковых гетероструктур и поверхностно – барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.	6	2	4		

Темы практических и семинарских занятий

№ семинара	Наименование тем
1	Формирование полупроводниковых гетероструктур методами вакуумно-термического испарения, молекулярно-лучевой эпитаксии, газофазной эпитаксии
2	Формирование барьера Шоттки методами вакуумно- термического испарения и магнетронного распыления
3	Классические модели гетероструктур и их энергетические диаграммы. Потенциальные барьеры.
4	Электрические свойства анизотипных гетероструктур, ВАХ
5	Емкостные и оптические свойства гетеротруктур. ВФХ, спектры поглощения и излучения ГС
6	Лазерное излучение в двойных гетероструктурах

Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы
1.	Электрические гетеропереходы. Основные технологии формирования полупроводниковых гетероструктур.
2.	Равновесное состояние гетероперехода. Основные параметры равновесного гетероперехода. Энергетическая диаграмма равновесного анизотипного гетероперехода
3.	Неравновесное состояние гетероперехода. Основные параметры неравновесного гетероперехода. Энергетическая диаграмма неравновесного анизотипного гетероперехода
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 гетероструктур. 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 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.

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

В учебном процессе по дисциплине «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» 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
ОК-2 ОПК-5	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные методы научно-исследовательской работы; • требования к оформлению результатов выполненной работы; • методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин; • программы по графическому представлению результатов выполненной работы; <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и 	Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах
ОПК-1 ПК-1	<ul style="list-style-type: none"> • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и 	

<p>ОК-2 ОПК-1 ОПК-5</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами экспериментальных исследований свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров на современном инновационном оборудовании; • методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях; • навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; 	<p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.</p>
<p>ОПК-1 ОПК-5 ПК-1 ПК-5</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами теоретических знаний для решения практических задач; • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки ; • опытом внедрения результатов исследований на практике. 	

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

Схема оценки уровня формирования компетенции.

ОК-2 - способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных методах научно-исследовательской работы и принципах работы инновационного оборудования	Знаком с современными методами научно-исследовательской работы и принципами работы	Показывает знания современных методов организации научно-исследовательской работы и	Демонстрирует четкие знания методов организации научно-исследовательской работы, показывает

		инновационного оборудования	принципов работы инновационного оборудования	готовность к изучению современных инновационных методов и инструментария
Базовый	Умение организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, формулировать и решать задачи, выбирать необходимые методы исследования	Знаком с методами организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, может выбирать необходимые методы исследования	Демонстрирует знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать необходимые методы исследования	Показывает знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать методы исследования, формулировать и решать задачи
Продвинутый	Представление о методах научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, знаком с компьютерной техникой и информационными технологиями	Знаком с методами научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техникой и информационными технологиями	Демонстрирует знания методов научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техники и информационных технологий	Показывает углубленные знания методов научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техники и информационных технологий

ОПК-1 - способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных тенденциях развития материаловедения, понимание основных проблем в области физики и	Знаком с современными тенденциями развития материаловедения, понимает основные проблемы в физики и	Показывает знания современных тенденций развития материаловедения, понимает основные проблемы в	Демонстрирует знания современных тенденций развития материаловедения, показывает готовность к углубленному

	технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник.	технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник	области физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник	анализу проблем в физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений полупроводниковых гетероструктур и барьерах Шоттки; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений полупроводниковых гетероструктур и барьерах Шоттки; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач
	Знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного формулирования и решения практических	Знаком с теоретическими основами физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологией теоретических и экспериментальных исследований; методами количественного формулирования и решения практических	Демонстрирует знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного	Показывает углубленные знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; умение самостоятельно формулировать и

	задач	задач	формулирования и решения практических задач	решать практические задачи
--	-------	-------	---	----------------------------

ОПК-5 - готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы, методами обработки и представления результатов измерений	Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов выполненной работы, применять методы обработки и представления результатов измерений
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; ; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач
Продвину	Владеть навыками	Показывает	Демонстрирует	Способен

тый	оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы .	владение навыками оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, видит возможности аргументировано защищать результаты работы	готовность оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов в соответствии с требованиями, подготовить презентации, умение аргументирован о защищать результаты работы.	оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов и презентаций, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы
-----	--	--	---	--

ПК-1 - готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительн о	Хорошо	Отлично
Порогов ый	Знание основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, умение формулировать цели и задачи научных исследований	Знаком с основными направлениями и тенденциями развития современной микро- и нанoeлектроники, способен формулировать цели и задачи научных исследований	Демонстрирует знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроник и, способен формулировать цели и задачи научных исследований	Показывает знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, умеет формулировать цели и задачи научных исследований
Базовый	Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами	Участвует в определении целей и задач научных исследований, в выборе теоретических и экспериментальн	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и	Способен самостоятельно изучить тенденции развития электроники и нанoeлектроники, формулировать

	развития твердотельной электроники и наноэлектроники; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ых методов и средств решения сформулированных задач	экспериментальные методы решения конкретных задач	цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и экспериментальные методы решения конкретных задач
Продвинутый	Умение формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Показывает владение навыками конкретизации целей и задач научных исследований, находит дополнительный материал для формулировки и выбора методов решения новых задач	Демонстрирует готовность формулировать цели и задачи научных исследований, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Способен формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать эффективные теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

ПК-5 - способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание основных закономерностей формирования и свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки	Знаком с основными закономерностями формирования свойств и методами	Способен демонстрировать знания основных закономерностей формирования свойств и умение выбирать	Показывает умение использовать знания основных закономерностей формирования свойств

	с точки зрения классической и квантовой теорий	теоретических подходов в описании и изучении явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки	теоретические подходы в описании и изучении явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки	полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки для анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований
Базовый	Умение формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники на основе изучения основных физических свойств и явлений в полупроводниках и диэлектриках	Может описать особенности физических свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки в, делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований	Способен формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники на основе изучения основных физических свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки	Показывает умение эффективного применить знания в области изучаемого предмета для формулировки рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники
Продвинутый	Умение делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения	Показывает владение навыками делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроник и	Демонстрирует готовность формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, умение готовить научные публикации и заявки на изобретения по результатам теоретических и экспериментальных исследований,	Показывает умение делать обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения

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

7.3. Типовые контрольные задания

Примеры тестовых заданий для промежуточного контроля

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
6. Каковы режимы работы транзистора и чем они отличаются?
 - 1) активный и пассивный. Отличаются величиной тока базы
 - 2) активный, насыщения, отсечки, инверсный. Отличаются величиной тока коллектора.
 - 3) инверсный, насыщения, отсечки, активный. Отличаются полярностью напряжений на p-n-переходах.
7. Для увеличения быстродействия МДП-транзистора необходимо:
 - 1) уменьшать длину канала

- 2) применить подзатворный диэлектрик с меньшей диэлектрической проницаемостью
 - 3) увеличить толщину подзатворного диэлектрика.
8. В зависимости от напряжения на аноде и тока протекающего через тиристор выделяют:
- 1) 2 режима работы (прямого запираания и включения)
 - 2) 5 режимов работы (прямого запираания, включения, прямой проводимости, обратного запираания, обратного пробоя).
 - 3) 7 режимов работы (прямого запираания, включения, активного усиления, насыщения, обратной проводимости, обратного запираания, обратного пробоя).
9. Для увеличения чувствительности фототранзистора следует:
- 1) увеличить толщину базы и время жизни носителей в базе
 - 2) уменьшить толщину базы и время жизни носителей в базе
 - 3) увеличить толщину базы и уменьшить время жизни носителей в базе
10. Что такое оптопара?
- 1) устройство, которое содержит светодиод и фотодиод, питаемые с помощью одного источника тока.
 - 2) оптопара – пара оптических приемников
 - 3) устройство, в котором светоизлучатель и фотоприемник, связаны гальванически через оптическую среду
 - 4) устройство, которое содержит светоизлучатель и фотоприемник, конструктивно связанные через оптическую среду, но развязанные гальванически.

Вариант 2

1. При увеличении температуры диода его обратное сопротивление возрастает или падает?
 - 1) возрастает
 - 2) падает
 - 3) не изменяется
2. Как изменится обратный ток р-п- перехода при увеличении степени легирования его областей ?
 - 1) уменьшиться
 - 2) увеличиться
 - 3) не изменится
3. Что такое "Область пространственного заряда" ?
 - 1) это область, обедненная подвижными носителями заряда.

- 2) это область с повышенной концентрацией подвижных носителей заряда.
 - 3) это область, где заряд положительных ионов компенсирован зарядом подвижных электронов
4. В реальном р-п-переходе прямой ток больше или меньше чем 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 р-п- перехода солнцем между контактами к р и п областям появляется разность потенциалов?
- 1) в результате нагрева р-п- перехода и термоэлектрического эффекта Пельтье.
 - 2) в результате возникновения градиента концентрации носителей заряда и эффекта Дембера
 - 3) в результате разделения фотогенерированных носителей полем р-п- перехода.
6. Измерения показали, что у диода №1 пробой носит лавинный характер, у диода №2 пробой носит туннельный характер. В каком из диодов пробивное напряжение выше?
- 1) в 1-м
 - 2) во 2-м
 - 3) одинаково
7. Какое из следующих утверждений для гомоперехода верное:
- 1) контактная разность равна разности термодинамических работ выхода р и п областей;
 - 2) контактная разность равна разности уровней Ферми р и п областей;
 - 3) контактная разность равна разности сродства к электрону р и п областей.
 - 4) все утверждения
8. Как зависит коэффициент передачи тока β от тока эмиттера $I_э$ и напряжения на коллекторе $U_{кэ}$.
- 1) в области больших токов β увеличивается с увеличением $I_э$ и уменьшается с уменьшением $U_{кэ}$.
 - 2) в области малых токов β уменьшается при снижении $I_э$, а также при увеличении $U_{кэ}$.
 - 3) в области больших токов β уменьшается с уменьшением $I_э$ и увеличивается с увеличением $U_{кэ}$.

9. Симистор -полупроводниковый прибор, у которого:
- 1) ВАХ является прямой, проходящей через точку $I=0$ при $U=0$.
 - 2) ВАХ имеет S-образную кривую
 - 3) ВАХ симметричная относительно начала координат
 - 4) ВАХ имеет N-образный участок
10. От чего зависит спектр излучения светодиода?
- 1) от удельного сопротивления и типа проводимости полупроводникового материала
 - 2) от ширины запрещенной зоны полупроводникового материала
 - 3) от степени легирования полупроводникового материала.

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.
8. Существующие полевые транзисторы различаются
- 1) типом проводимости полупроводникового материала.
 - 2) способом изоляции затвора и канала.
 - 3) физической структурой и способом управления проводимостью канала.
9. Полупроводниковые фотоприемники с p-n переходом могут работать
- 1) в одном режиме -фотоактивном
 - 2) в темновом и освещенном режимах
 - 3) в трех режимах: фотоактивном, фотогенерации и фотопреобразования
 - 4) в двух режимах: фотогенерации и фотопреобразования
10. Основными характеристиками светодиодов являются:
- 1) энергетическая, спектральная, излучательная
 - 2) зависимость плотности тока от напряжения, зависимость обратного тока от обратного смещения.
 - 3) яркостная, спектральная, вольт-амперная.
 - 4) вольтамперная характеристика, частотно-яркостная характеристика

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
7. По принципу действия транзисторы делятся на:
 - 1) униполярные и полевые
 - 2) биполярные и полевые
 - 3) биполярные, полевые, МОП, МДП
8. Транзисторы, в которых проводящий канал возникает при подаче на затвор относительно истока напряжения, превышающего порогового называют:
 - 1) транзисторы со встроенным каналом
 - 2) транзисторы с изолированным затвором
 - 3) транзисторы с индуцированным каналом
 - 4) транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник
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
10. В качестве основных полупроводниковых материалов для изготовления светодиодов применяют:
- 1) GaAs, Si, Ge, SiC, InAs
 - 2) Si, ZnO, GaP, AlN, CdSe
 - 3) GaP, GaAs_{1-x}P_x, GaN, SiC, CdS
 - 4) SiC, GaAs_{1-x}P_x, GaN, GaP, GaAs

Вариант 5

1. У какого из перечисленных ниже полупроводников самая низкая собственная концентрация носителей заряда: Ge, Si, GaAs ?
 - 1) Ge
 - 2) Si
 - 3) GaAs
 - 4) Собственные концентрации при комнатной температуре в данных материалах равны
2. Почему если механически соединить кусочки полупроводников р и 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 р-n- перехода в Si при уменьшении концентрации основных примесей р- 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
5. В чем принципиальное отличие стабистора от стабилитрона?
 - 1) работа стабистора основана на использовании электрического пробоя р-n-перехода, а стабилитрона – на использовании участка на обратной ветви ВАХ, где ток не зависит от напряжения
 - 2) в стабилитроне используется лавинный механизм пробоя, а в стабисторе – туннельный механизм пробоя.

- 3) в стабисторах для стабилизации напряжения используется прямая ветвь ВАХ, а в стабилитронах –участок электрического пробоя на обратной ветви ВАХ
6. Из какого материала изготовлен диод 3А530?
- 1) из кремния
 - 2) германия
 - 3) арсенида галлия.
7. В чем различие дрейфовых транзисторов от диффузионных?
- 1) в них часть электронов, инжектированных в базу не доходит до коллекторного перехода
 - 2) в них базовая область легирована однородно
 - 3) в них базовая область легирована неоднородно
8. Тиристор полупроводниковый прибор, который при работе может находиться:
- 1) в одном состоянии - активном, при котором сопротивление тиристора меняется пропорционально входному сигналу.
 - 2) в двух состояниях: закрытом и открытом, в которых тиристор имеет соответственно высокое и малое сопротивления
 - 3) в трех состояниях: закрытом, активном и открытом, в зависимости от тока управляющего электрода.
9. Лавинные фотодиоды отличаются от обычных фотодиодов тем, что у них:
- 1) толщина обедненной области с участком сильного электрического поля значительно меньше диффузионной длины неосновных носителей
 - 2) рабочая точка выбирается на ВАХ на участке электрического пробоя.
 - 3) длина свободного пробега носителей меньше толщины обедненной области с участком сильного электрического поля.
10. В светодиодах на основе широкозонных полупроводников при малых токах излучательная рекомбинация реализуется
- 1) в базовой области
 - 2) в эмиттерной области
 - 3) в нейтральных областях, прилегающих к р-п-переходу
 - 4) в области р-п-перехода

Ответы на вопросы варианта № 1

вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответы	1	2	1	1	2	3	1	2	1	4

Ответы на вопросы варианта № 2

вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответы	2	1	1	2	3	1	4	3	3	2

Ответы на вопросы варианта № 3

вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответы	2	3	2	3	3	1	2	3	4	4

Ответы на вопросы варианта № 4

вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответы	3	1	2	3	4	1	2	3	3	4

Ответы на вопросы варианта № 5

вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответы	1	1	2	2	3	3	3	2	3	4

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.

Список контрольных вопросов по дисциплине

1. Электрические переходы. Свойства контакта М-п/п.
2. ВАХ идеализированного и реального гетероперехода.
3. Модели гетеропереходов. Рекомбинационные и инжекционные модели.
4. Механизмы пробоя анизотипных гетероструктур.
5. Энергетическая диаграмма равновесного и неравновесного р-п-перехода
6. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.
7. Модель идеализированного гетероперехода Андерсона.
8. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
9. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток.
10. Структура и основные параметры гетеропереходов.
11. Механизм инерционности диода.
12. Токи через р-п-гетеропереход в равновесном состоянии.
13. Барьерная емкость. Емкостные свойства гетероструктур.
14. Понятие идеального гетероперехода. Реальные гетеропереходы.
Требования к материалам гетеропары.
15. Омические контакты к гетероструктурам, методы их формирования.
16. Формирование ГС метод вакуумно-термического осаждения.
17. Формирование ГС метод молекулярно-лучевой эпитаксии.
18. Газофазные эпитаксиальные технологии создания гетеропереходов в полупроводниках.
19. Ионно-плазменные технологии создания гетеропереходов.

20. Диффузионные технологии формирования гетеропереходов в полупроводниках.

7.4. 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.

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 разьяснении 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.
4. Гуртов В.А., Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005., 406 с.

Дополнительная литература:

5. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. //-М., "Высшая школа". 1987. -С. 239.
6. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников // -Л.. 1972. -С. 104.
7. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010.
8. 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.fero.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 учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практические занятия	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.
Реферат	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.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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).