



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковая оптоэлектроника
Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа

11.04.04- Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки:

Физика полупроводников и диэлектриков

Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Базовая

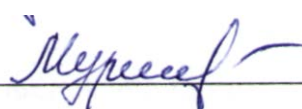
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04-Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: физика полупроводников и диэлектриков (уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Шабанов Ш.Ш., к.т.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	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	10
5. Образовательные технологии.....	15
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	15
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	17
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.....	19
7.3. Типовые контрольные задания.....	24
7.3.1. Экзаменационные вопросы.....	24
7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе.....	25
7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля.....	28
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции.....	33
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	34
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	34
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	35
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	36
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	36

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина "**Полупроводниковая оптоэлектроника**" входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с взаимодействием света с полупроводниками и физические принципы работы приборов оптоэлектроники и методы расчёта их характеристик.

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, лабораторные 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 зачёта.

Объём дисциплины 6 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
9	192	10	12	10	36	консульт ации	124	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Физика и технология тонких плёнок» знакомство студентов с основами полупроводниковой микро- и оптоэлектроники, дискретными приборами и интегральными схемами, основными терминами, физическими принципами, лежащими в основе работы микро- и оптоэлектронных устройств, технологическими

операциями и характеристиками материалов, используемых при производстве микро- и оптоэлектронных полупроводниковых приборов.

Задачами дисциплины состоит в том, что студент должен получить базовые знания по основным параметрам используемых в микро- и оптоэлектронике материалов, характеристикам полупроводниковых приборов, физическим принципам их работы, технологическим процессам используемых в производстве микро- и оптоэлектронных полупроводниковых приборов.

В результате изучения курса магистры должны:

- знать элементы оптоэлектроники: фотоприемники, излучающие устройства, оптические среды, оптические элементы связи и обработки информации; материалы оптоэлектроники (полупроводники, стекла, пластмассы, металлы), их параметры и области применения;
- иметь опыт проведения количественных оценок величины эффектов и характеристических параметров в оптоэлектронных приборах, контактные явления в полупроводниках для их применения к границам раздела полупроводниковых тонкопленочных конструктивных элементов интегральных микросхем;
- понимать современные тенденции в развитии физики и оптоэлектроники;
- быть готовыми к самостоятельному освоению и грамотному использованию результатов новых экспериментальных и теоретических исследований в области оптоэлектроники, к самостоятельному выбору методов и объектов исследования.

Основные разделы программы курса: Элементы оптоэлектроники: полупроводниковые фотоприемники; полупроводниковые излучатели; Оптические среды; Элементы интегральной оптоэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Полупроводниковая оптоэлектроника» в структуре ООП ВПО находится в цикле профессиональных дисциплин (базовая часть). Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как: физики полупроводников и полупроводниковых приборов, материаловедения полупроводников, оптических свойств полупроводников и знаний в области математики.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач оптоэлектроники; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики полупроводников, а также методами физического исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов математической физики; для описания разнообразных физических процессов.

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-2	способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике и технологии оптоэлектроники; • современные методы научно-

	коллективом	<p>исследовательской работы;</p> <ul style="list-style-type: none"> • принципы работы современного инновационного оборудования, используемого при выполнении физического практикума <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 решения	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные технологические методы получения оптоэлектронных приборов; • терминологию, основные понятия и определения; • Физические явления, лежащие в основе работы оптоэлектронных устройств; устройств; • физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях внешних воздействий и эксплуатации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оценивать свойства материалов как результат последовательности состав материала – структура – дисперсность – свойства – области применения; • вести научно-исследовательскую деятельность в области тонких плёнок с использованием современных

		<p>математических моделей и методов;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 диэлектриков, физики систем пониженной размерности; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами теоретических знаний для решения практических задач в области оптоэлектроники; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области оптоэлектроники; • методами количественного формулирования и решения практических задач оптоэлектронных устройств..
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 оптоэлектронным приборам; • применять методы моделирования физические процессы в оптоэлектронных системах 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

		<p>в виде таблиц, рисунков и т.д.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные направления и тенденции развития современной микро- и наноэлектроники; • материаловедческие проблемы оптоэлектроники и наноэлектроники; • современные технологии получения оптоэлектронных приборов; • технологические возможности перспективных методов оптоэлектронных устройств; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области оптоэлектронике; • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной оптоэлектроники 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 керамических материалов и композитов на современном инновационном оборудовании; • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области оптоэлектроники;
ПК-5	<p>способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования свойств оптоэлектронных приборов с

	<p>экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения</p>	<p>точки зрения технологии их получения;</p> <ul style="list-style-type: none"> • методы теоретических подходов в описании и изучении явлений взаимодействия света с полупроводником; • оптические, электрические, тепловые и механические свойства оптоэлектронных устройств; • особенности структуры при получении оптоэлектронных приборов; • квантоворазмерные эффекты и физические свойства систем пониженной размерности; • квантовые основы современной наноинженерии; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • использовать специализированные знания в области физики и технологии оптоэлектроники; • применять модели и для описания основных физических свойств в тонкоплёночных структурах оптоэлектронных приборов; • оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физическо-химических процессов в тонкоплёночных системах; • по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию технологии. <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.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **6** зачетных единиц, **192** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма
-------	---------------------------	---------	--------	----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------	---------------------------------------------------------------------

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1.									
1	Элементы оптоэлектроники	9		1	1	2	4	16	(ДЗ), (С), (КСР)
2	Полупроводниковые фотоприемники. Внутренний фотоэффект			1	1	2	2	14	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
Итого по модулю 1:				2	2	4	4	30	
Модуль 2									
3	Полупроводниковые фотоприемники. Внешний фотоэффект			1	1	2	4	14	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
4	Полупроводниковые излучатели			1	2	2	6	12	(ДЗ), (С), (КСР)
Итого по модулю 2:				2	3	4	10	34	
Модуль 3.									
5	Оптические среды			4	4	2	4	18	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
6	Элементы интегральной оптоэлектроники			2	1	2	4	12	(ДЗ), (С), (КСР)
Итого по модулю 3:				6	5	4	8	30	
ИТОГО: 192				10	10	12	36	124	

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

Модуль 1

Тема 1. Введение. Элементы оптоэлектроники.

Фотоприемники, излучающие устройства, оптические среды, оптические элементы связи и обработки информации; материалы оптоэлектроники (полупроводники, стекла, пластмассы, металлы), их параметры и области применения.

Тема 2. Полупроводниковые фотоприемники. Внутренний фотоэффект.

Приемники с внутренним фотоэффектом: основные параметры и характеристики, фоторезистор, фотовольтаические эффекты, фотодиод и режимы его работы, уравнение фотодиода, солнечный элемент, разновидности фотодиодов (диод с барьером Шоттки, МДП - структура, $p-i-n$ диод, инжекционный фотодиод), униполярный и биполярный фототранзисторы и их характеристики и параметры, фототиристор.

Модуль 2

Тема 3. Полупроводниковые фотоприемники. Внешний фотоэффект

Приемники на основе внешнего фотоэффекта, явление эмиссии, квантовый выход, порог внешнего фотоэффекта, влияние условий на поверхности на порог фотоэффекта, способы изменения порога.

Тема 4. Полупроводниковые излучатели.

Спонтанное и индуцированное излучение, инверсная населенность, возбуждение активной среды, усиление и генерация электромагнитного излучения, оптический резонатор, условие самовозбуждения и усиления, лазер на р-п переходе, волноводные свойства активной среды, усиление и генерация оптического излучения, инжекционный светодиод и параметры светодиодов, оптический резонатор, инжекционный гетеролазер и характеристики лазерного излучения, сравнительные характеристики различных полупроводниковых излучателей.

Модуль 3

Тема 5. Оптические среды.

Уравнения Максвелла, дисперсия, изотропные и анизотропные оптические среды (полупроводниковые материалы, стекла, полимеры), характеристики электромагнитной волны, двулучепреломление, оптическая индикатрисса, нелинейные оптические эффекты, фазовый синхронизм, смешение и генерация оптически частот; линейный и квадратичный электрооптические эффекты.

Тема 6. Элементы интегральной оптоэлектроники.

Волоконно - оптические линии связи (ВОЛС), элементы ВОЛС (микролинзы, оптические фильтры, согласующие волноводы, оптические ответвители, призмные и решеточные элементы связи, преобразователи оптического излучения: модуляторы, поляризаторы, конверторы и усилители).

4.3.1. Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<p><u>Лекция 1.</u> Физические явления, лежащие в основе работы функциональных устройств. Элементы оптоэлектроники. Фотоприемники, излучающие устройства, оптические среды, оптические элементы связи и обработки информации; материалы оптоэлектроники</p> <p><u>Лекция 2.</u> Внутренний фотоэффект. Полупроводниковые фотоприёмники. Принцип работы фоторезистора, фотовольтаические эффекты, фотодиод и режимы его работы, уравнение фотодиода, солнечный элемент, разновидности фотодиодов (диод с барьером Шоттки, МДП - структура, <i>p-i-n</i> диод, инжекционный фотодиод), униполярный и биполярный фототранзисторы и их характеристики и параметры, фототиристор.</p>
2.	<p><u>Лекция 3.</u> Полупроводниковые фотоприемники. Внешний фотоэффект. Принцип работы приборов на основе внешнего фотоэффекта, явление эмиссии, квантовый выход, порог внешнего фотоэффекта, влияние условий на поверхности на порог фотоэффекта, способы изменения порога.</p> <p><u>Лекция 4.</u> Полупроводниковые излучатели. Принцип работы лазера на р-п переходе, волноводные свойства активной среды, усиление и генерация оптического излучения, инжекционный светодиод и параметры светодиодов, оптический резонатор, инжекционный гетеролазер и характеристики лазерного излучения, сравнительные</p>

	характеристики различных полупроводниковых излучателей.
3.	<p><u>Лекция 5.</u> Оптические среды.. Уравнения Максвелла, дисперсия, изотропные и анизотропные оптические среды (полупроводниковые материалы, стекла, полимеры), характеристики электромагнитной волны, двулучепреломление, оптическая индикатрисса, нелинейные оптические эффекты, фазовый синхронизм, смешение и генерация оптически частот; линейный и квадратичный электрооптические эффекты.</p> <p><u>Лекция 6.</u> Элементы интегральной оптоэлектроники.. Волоконно - оптические линии связи (ВОЛС), элементы ВОЛС (микролинзы, оптические фильтры, согласующие волноводы, оптические ответвители, призмные и решеточные элементы связи, преобразователи оптического излучения: модуляторы, поляризаторы, конверторы и усилители).</p>

4.3.2. Темы семинарских и практических занятий

1. Резка слитков, подготовка подложек и пластин (шлифовка, полировка, травление), оценка качества поверхности.
2. Методы выращивания эпитаксиальных слоев: газофазовая эпитаксия, жидкостная эпитаксия, эпитаксия из молекулярных пучков.
3. Ионное легирование: основы ионного легирования, выбор легирующей примеси и условий имплантации, области использования методов ионного легирования.
4. Получение диэлектрических пленок (окисление, пиролитическое осаждение, реактивное катодное распыление).
5. Металлизация, способы осаждения металлов.
6. Литография (оптическая, рентгеновская, электроннолучевая,).
7. Химическое травление и факторы, определяющие скорость и селективность травления, контроль качества.

4.3.3. Темы самостоятельной работы

1. Контактные явления в полупроводниках
2. Принцип работы фоторезистора.
3. Фотодиод.
4. Биполярный фототранзистор.
5. Солнечный элемент.
6. Принцип работы лазера на p-n переходе.
7. Светодиоды. Параметры светодиодов.
8. Инжекционный гетеролазер.
9. Характеристики электромагнитной волны.
10. Уравнения Максвелла.
11. Волоконно-оптические линии связи.

4.3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование полупроводникового фоторезистора.
2. Фотодиод. Принцип работы и основные характеристики.
3. Принцип работы полупроводникового светодиода.
4. Получение тонких плёнок методом магнетронного распыления
5. Исследование работы полупроводникового лазера.

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, лабораторные занятия, семинарские занятия, 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 «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

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

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

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

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

Итоговый контроль.

Зачет в конце 7 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; 	Устный опрос
ОПК-1 ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; • современные диэлектрические материалы, перспективы их применения в связи с развитием многоуровневой твердотельной электроники 	Устный опрос
ОПК-1 ПК-5	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования свойств керамических материалов в зависимости от структуры; • методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в керамике и композитах. 	Устный опрос
ОК-2 ОПК-1 ОПК-5	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития технологии получения керамических материалов и 	Устный опрос

<p>ОПК-1 ОПК-5 ПК-1 ПК-5</p>	<p>композитов;</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования; • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • применять модели и приближения физики конденсированного состояния вещества для описания основных физических свойств фононных и электронных состояний в полупроводниках и диэлектриках; • по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники. 	<p>Устный опрос</p>
<p>ОК-2 ОПК-1 ОПК-5</p> <p>ОПК-1 ОПК-5 ПК-1 ПК-5</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами экспериментальных исследований свойств полупроводников и диэлектриков 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>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основами теоретических знаний для решения практических задач; • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, 	<p>Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.</p> <p>Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.</p>

	<p>конкретизации целей и задач исследований объектов;</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики и технологии керамических материалов и композитов; • 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 научной исследовательской работы и принципах работы инновационного оборудования	Знаком с современными методами научной исследовательской работы и принципами работы инновационного оборудования	Показывает знания современных методов организации научно-исследовательской работы и принципов работы инновационного оборудования	Демонстрирует четкие знания методов организации научно-исследовательской работы, показывает готовность к изучению современных инновационных методов и инструментария
Базовый	Умение организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, формулировать и	Знаком с методами организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, может	Демонстрирует знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение	Показывает знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение

	решать задачи, выбирать необходимые методы исследования	выбирать необходимые методы исследования	выбирать необходимые методы исследования	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 технологии тонких плёнок	Знаком с современными тенденциями развития материаловедения, понимает основные проблемы в области физики и технологии тонких плёнок	Показывает знания современных тенденций развития материаловедения, понимает основные проблемы в области физики и технологии тонких плёнок	Демонстрирует знания современных тенденций развития материаловедения, показывает готовность к углубленному анализу проблем в области физики и технологии тонких плёнок
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и	Участвует в анализе теоретических моделей физических	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели	Способен создавать и анализировать теоретические модели

	явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; выбирать методы и средства решения конкретных задач	физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач
Продвинутый	Знания теоретических основ физики полупроводников и диэлектриков, методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного формулирования и решения практических задач	Знаком с теоретическими основами физики полупроводников и диэлектриков, методологией теоретических и экспериментальных исследований; методами количественного формулирования и решения практических задач	Демонстрирует знания теоретических основ физики полупроводников и диэлектриков, методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного формулирования и решения практических задач	Показывает углубленные знания теоретических основ физики полупроводников и диэлектриков, методологий теоретических и экспериментальных исследований; умение самостоятельно формулировать и решать практические задачи

ОПК-5 - готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно 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	Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы, методами обработки и представления	Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления	Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов выполненной работы, применять

	измерений	результатов измерений	результатов измерений	методы обработки и представления результатов измерений
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в керамике и композитах; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в керамике и композитах; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений оптоэлектроники; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в керамике и композитах; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач
Продвинутый	Владеть навыками оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы	Показывает владение навыками оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, видит возможности аргументированно защищать результаты работы	Демонстрирует готовность оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов в соответствии с требованиями, подготовить презентации, умение аргументированно защищать результаты работы.	Способен оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов и презентаций, докладывать и аргументированно 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		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	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 и, способен формулировать цели и задачи научных исследований	Демонстрирует знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, 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 развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	Участвует в определении целей и задач научных исследований, в выборе теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач	Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и экспериментальные методы решения конкретных задач	Способен самостоятельно изучить тенденции развития электроники и нанoeлектроники, формулировать 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 нанoeлектроники, способностью обоснованно выбирать	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	Способен формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать эффективные теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач

	теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач		х 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 в керамике и композитах с точки зрения классической и квантовой теорий	Знаком с основными закономерностями формирования свойств и методами теоретических подходов в описании и изучении явлений в керамике и композитах	Способен демонстрировать знания основных закономерностей формирования свойств и умение выбирать теоретические подходы в описании и изучении явлений в оптоэлектронике	Показывает умение использовать знания основных закономерностей формирования свойств в керамике и композитах 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 полупроводников и диэлектриков, 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 полупроводников и диэлектриков	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	Показывает владение навыками делать научно-обоснованные выводы по	Демонстрирует готовность формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и	Показывает умение делать обоснованные выводы по результатам теоретических и

	экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения	результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроник и	систем электроники и наноэлектроники, умение готовить научные публикации и заявки на изобретения по результатам теоретических и экспериментальных исследований,	экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Экзаменационные вопросы

1. Оптические явления.
2. Внутренний фотоэффект.
3. Внешний фотоэффект.
4. Фоторезистор. Принцип работы. Характеристики.
5. Принцип работы фотодиода.
6. Принцип работы фототранзистора
7. Принцип работы лазера. Лазер на p-n - переходе
8. Светодиод..
9. Принцип работы фотоэлемента..
10. Оптоволоконная связь
11. Уравнения Максвелла
12. Преобразователи оптического излучения: модуляторы, поляризаторы, конверторы и усилители).
13. Ионно-плазменные методы распыления.
14. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии.

7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе

Тема 1. Оптоэлектронные приёмники

фоторезистор, фотовольтаические эффекты, фотодиод и режимы его работы, уравнение фотодиода, солнечный элемент, разновидности фотодиодов (диод с барьером Шоттки, МДП - структура, *p-i-n* диод, инжекционный фотодиод), униполярный и биполярный фототранзисторы и их характеристики и параметры, фототиристор, фотоприемники на основе ФЭМ - эффекта; приемники на основе внешнего фотоэффекта, явление эмиссии, квантовый выход, порог внешнего фотоэффекта, влияние условий на поверхности на порог фотоэффекта, способы изменения порога.

Тема 2. Оптоэлектронные излучатели

Спонтанное и индуцированное излучение, инверсная населенность, возбуждение активной среды, усиление и генерация электромагнитного излучения, оптический резонатор, условие самовозбуждения и усиления, лазер на p-n переходе, волноводные свойства активной среды, усиление и генерация оптического излучения, инжекционный светодиод и параметры светодиодов, оптический резонатор, инжекционный гетеролазер и характеристики лазерного излучения, сравнительные характеристики различных полупроводниковых излучателей.

Тема 3. Оптические среды

Уравнения Максвелла, дисперсия, изотропные и анизотропные оптические среды (полупроводниковые материалы, стекла, полимеры), характеристики электромагнитной волны, двулучепреломление, оптическая индикатрисса, нелинейные оптические эффекты, фазовый синхронизм, смешение и генерация оптически частот; линейный и квадратичный электрооптические эффекты.

Тема 4. Интегральной оптоэлектроники

Волоконно - оптические линии связи (ВОЛС), элементы ВОЛС (микролинзы, оптические фильтры, согласующие волноводы, оптические ответвители, призмённые и решеточные элементы связи, преобразователи оптического излучения: модуляторы, поляризаторы, конверторы и усилители)

7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля

Вариант 1

1. Что такое электронно-дырочный переход?

- а) Электронно-дырочный переход (p-n- переход) – это переход между двумя различными полупроводниками, в котором существует диффузионное электрическое поле
- б) Электронно-дырочный переход (p-n- переход) – это переход между двумя различными полупроводниками с разной электропроводностью, в котором существует диффузионное электрическое поле
- в) Электронно-дырочный переход (p-n- переход) – это переход между двумя областями полупроводника с разной электропроводностью, в котором существует диффузионное электрическое поле
- г) Электронно-дырочный переход (p-n- переход) – это переход между двумя различными полупроводниками с одинаковой электропроводностью, в котором существует диффузионное электрическое поле
- д) Среди ответов а-г нет правильного

2. Как влияют температура, ширина запрещенной зоны и концентрация примесей на прямой ток ВАХ диода:

- а) прямой ток увеличивается с ростом температуры при неизменном прямом напряжении; прямой ток через диод из материала с большей шириной запрещенной зоны будет меньше при том же прямом напряжении; с увеличением концентрации примесей прямой ток будет меньше
- б) прямой ток уменьшается с ростом температуры при неизменном прямом напряжении; прямой ток через диод из материала с большей шириной запрещенной зоны будет больше при том же прямом напряжении; с увеличением концентрации примесей прямой ток будет меньше
- в) прямой ток увеличивается с ростом температуры при неизменном прямом напряжении; прямой ток через диод из материала с большей шириной запрещенной зоны будет меньше при том же прямом напряжении; с увеличением концентрации примесей прямой ток будет больше
- г) среди ответов а-в нет правильного

3. Что называется гетеропереходом?

- а) Переходной слой с существующим там диффузионным электрическим полем между двумя различными по химическому составу полупроводниками
- б) Переходной слой между двумя различными по химическому составу полупроводниками
- в) Переходной слой с существующим там диффузионным электрическим полем между полупроводниками с различной шириной запрещенной зоны
- г) среди ответов а-в нет правильного

4. Имеется германиевый р-п-переход с концентрацией примесей $N_d=10^3 N_a$, причем на каждые 10^8 атомов германия приходится один атом акцепторной примеси. Определить контактную разность потенциалов при температуре 300 К. Концентрации атомов германия N и ионизированных атомов n_i принять равными $4,4 \cdot 10^{22}$ и $2,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ соответственно.

- а) 0,326 В ; б) 0,134 В ; в) 0,028 В ; г) 0,57 В;
- д) среди ответов а-г нет правильного

5. Что называется биполярным транзистором?

- а) Это полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими электрическими переходами и тремя (или более) выводами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции и экстракции
- б) Это полупроводниковый прибор с одним выпрямляющими электрическими переходами и тремя (или более) выводами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции и экстракции
- в) Это полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими выпрямляющими электрическими переходами и тремя (или более) выводами, предназначенный для выпрямления переменного электрического сигнала
- г) среди ответов а-в нет верного

6. Почему коллекторный переход тиристора оказывается смещенным в прямом направлении при переключении тиристора из закрытого состояния в открытое?

- а) Потому, что накопление неравновесных носителей заряда в базовых областях тиристора приводит к дополнительной разности потенциалов на коллекторном переходе, которая в отличие от внешней разности потенциалов стремится сместить коллекторный переход в прямом направлении
- б) Потому, что накопление неравновесных носителей заряда в базовых областях тиристора приводит к дополнительной разности потенциалов на коллекторном переходе, которая как и внешняя разность потенциалов стремится сместить коллекторный переход в прямом направлении
- в) Потому, что накопление неравновесных носителей заряда в базовых областях тиристора приводит к дополнительной разности потенциалов на коллекторном переходе, которая как и внешняя разность потенциалов стремится повысить высоту потенциального барьера коллекторного перехода
- д) среди ответов а-в нет правильного.

7. На чем основан принцип работы полевых транзисторов?

- а) Принцип работы полевых транзисторов основан на модуляции площади поперечного сечения, а следовательно, и сопротивления проводящего канала в объеме полупроводника под воздействием эффекта поля
- б) Принцип работы полевых транзисторов основан на модуляции сопротивления проводящего канала на поверхности полупроводника под воздействием эффекта поля
- в) Принцип работы полевых транзисторов основан на модуляции сопротивления обратносмещенного р-п- перехода за счет инжекции носителей заряда
- д) среди ответов а-в нет правильного.

- 8) Германиевый p-n- переход имеет обратный ток насыщения 1мкА. Вычислить прямые напряжения $U_{пр}$ на переходе при температуре $T=293$ К и токе 100мА.
 а) 288 мВ; б) 374 мВ; в) 409 мВ; г) 500 мВ;
 д) среди ответов а-г нет правильного.

- 9) Какие физические явления могут быть положены в основу создания термисторов?
 а) Зависимость электрического сопротивления от температуры
 б) Зависимость электрического сопротивления от магнитного поля
 в) Зависимость электрического сопротивления от оптического излучения
 г) Зависимость электрического сопротивления от давления
 д) среди ответов а-г нет правильного.

10. Каков принцип действия полупроводникового лазера?

- а) Принцип действия полупроводникового лазера заключается в преобладании вынужденной излучательной рекомбинации над поглощением квантов света в результате которого излучение получается когерентным
 б) Принцип действия полупроводникового лазера заключается в когерентном излучении при самопроизвольной рекомбинации электронов и дырок
 в) Принцип действия полупроводникового лазера заключается в преобладании поглощения квантов света над вынужденной излучательной рекомбинации в результате которого излучение получается когерентным
 г) Принцип действия полупроводникового лазера заключается в преобладании вынужденной излучательной рекомбинации над поглощением квантов света в результате которого излучение получается некогерентным
 д) среди ответов а-г нет правильного.

ОТВЕТЫ ВАРИАНТА 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	а	а	а	а	а	а	а	а	а

Вариант 2

1. От чего зависит высота потенциального барьера p-n- перехода:

- а) от концентрации примеси
 б) от ширины запрещенной зоны
 в) от температуры
 г) от подвижности носителей заряда
 д) от концентрации примеси, температуры, подвижности носителей заряда

е) от концентрации примеси, температуры, ширины запрещенной зоны

2. Что такое инжекция неосновных носителей заряда?

- а) преодоление носителями заряда потенциального барьера и переход в соседнюю область при прямом подключении p-n- перехода и повышение концентрации неосновных носителей в p- и n- областях
 б) преодоление носителями заряда потенциального барьера при обратном подключении p-n- перехода и повышение концентрации неосновных носителей в p- и n- областях
 в) втягивание электрическим полем в p-n- переход неосновных носителей заряда при обратном подключении p-n- перехода и уменьшение концентрации неосновных носителей в p- и n- областях
 г) Среди ответов а-в нет правильного

3. Что называется полупроводниковым диодом?

- а) Полупроводниковый прибор с одним выпрямляющим электрическим переходом и двумя выводами, в котором используется то или иное свойство выпрямляющего электрического перехода
- б) Полупроводниковый прибор с двумя выпрямляющими электрическими переходами и двумя выводами, в котором используется то или иное свойство выпрямляющих электрических переходов
- в) Полупроводниковый прибор содержащий электрический контакт между двумя полупроводниками с разной электропроводностью и двумя выводами
- г) среди ответов а-в нет правильного

4. Удельное сопротивление р-области германиевого р-n- перехода $\rho_p=2$ Ом см, а удельное сопротивление n-области $\rho_n=1$ Ом см. Вычислить высоту потенциального барьера р-n-перехода при $T=300\text{K}$. ($\mu_n=3900 \text{ см}^2/(\text{Вс})$, $\mu_p=1900 \text{ см}^2/(\text{Вс})$, $n_i=2,5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$)

- а) 0,215 эВ; б) 0,948 эВ; в) 0,467 эВ; г) 0,012 эВ;
- д) среди ответов а-г нет правильного

5. Различают следующие режимы работы транзистора:

- а) режим отсечки
 - б) режим насыщения
 - в) активный режим
 - г) нормальный режим
 - д) инверсный режим
 - е) режим отсечки, режим насыщения, активный режим
 - ж) режим насыщения, активный режим
 - з) инверсный режим, режим отсечки, режим насыщения
 - и) нормально активный, двойной инжекции, отсечки, инверсный активный
6. Что такое тиристор?

- а) Это полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, имеющий три (или более) выпрямляющих перехода, который может переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот
- б) Это полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, имеющий три области полупроводника с чередующимися типом электропроводности, который может переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот
- в) Это полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, имеющий три (или более) выпрямляющих перехода, через которые проходит ток управления
- г) Это полупроводниковый прибор имеющий несколько омических и выпрямляющих переходов, который может переключаться из закрытого состояния в открытое и наоборот при прямом смещении всех р-n- переходов
- д) среди ответов а-г нет правильного

7. На чем основан принцип работы МДП- транзисторов?

- а) Принцип работы МДП- транзисторов основан на модуляции площади поперечного сечения, а следовательно, и сопротивления проводящего канала в объеме полупроводника под воздействием эффекта поля
- б) Принцип работы МДП- транзисторов основан на модуляции сопротивления проводящего канала на поверхности полупроводника под воздействием эффекта поля
- в) Принцип работы МДП- транзисторов основан на модуляции сопротивления обратносмещенного р-n- перехода за счет инжекции носителей заряда
- д) среди ответов а-в нет правильного

8. Кремниевый p-n- переход имеет обратный ток насыщения 10^{-8} А. Вычислить прямые напряжения $U_{пр}$ на переходе при температуре $T=293$ К и токе 100мА.

а) 407 мВ; б) 274 мВ; в) 109 мВ; г) 700 мВ;

д) среди ответов а-г нет правильного.

9. Какие физические явления могут быть положены в основу создания тензорезисторов?

а) Зависимость электрического сопротивления от температуры

б) Зависимость электрического сопротивления от магнитного поля

в) Зависимость электрического сопротивления от оптического излучения

г) Зависимость электрического сопротивления от давления

д) среди ответов а-г нет правильного.

10. Как в фотоэлементе происходит непосредственное преобразование световой энергии в электрическую?

а) При поглощении квантов света в p-n- переходе и в областях прилегающих происходит генерация носителей заряда. Диффузионное электрическое поле разделяет неравновесные носители зарядов. В результате накопления электронов в n-области и дырок в p-области возникает разность потенциалов

б) При поглощении квантов света появляется градиент концентрации электронов и дырок, которые диффундируют от освещаемой поверхности вглубь полупроводника. Но коэффициенты диффузии электронов и дырок различны. Поэтому возникает разность потенциалов.

в) При наличии на освещаемой поверхности полупроводника ловушек захвата носителей одного знака возникает разность потенциалов

г) ответы а-в

д) ответы а-б

е) ответы б-в

ОТВЕТЫ ВАРИАНТА 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
е	а	а	а	и	а	б	а	г	г

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный 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»-балльную 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.

Основная

1. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных схем. А.И. Курносов, В.В.Юдин. И. "ВШ", 1986, 386 с.
2. Технология полупроводниковых приборов. И. Г. Пичугин, Ю. М. Таиров, И. "ВШ", М. 1984, 288 с.
3. Микроэлектроника: физические и технологические основы, надежность. И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. И. "ВШ", М. 1986, 464 с.
4. Микроэлектроника: проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника. И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. И. "ВШ", М. 1987, 416 с.
5. Основы микроэлектроники. Н.А. Аваев, Ю.С. Наумов, В.Т. Фролкин. И. "Радио и связь", 1991, 288 с.
6. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники. А.В. Пихтин.- И "ВШ", М: 1983, 304 с.
7. Оптоэлектроника. Носов Ю.Р. И. "Радио и связь", 1989, 315 с.
8. Физика полупроводниковых приборов. И. "Сов. Радио", 1980, 294 с.
9. Физика полупроводниковых приборов. С. Зи. И. "Мир", М., 1984, 453 с.
10. Полупроводниковая оптоэлектроника. Т. Мосс, Г. Баррел, В. Эллис. И. "Мир", М., 1976, 431 с.

Дополнительная

1. Травление полупроводников. б. статей. Пер. с англ. С.Н. Горина. И.Мир, М., 1965, 382 с.
2. Металлургия и технология полупроводниковых материалов. Под ред. Б.А. Сахарова. И. Металлургия, М. 1972, 544 с.
3. Производство полупроводниковых приборов. В.А. Брук, В.В. Гаршенин, А.И. Курносов. И. ВШ, М. 1973, 264 с.
4. Оптические материалы для инфракрасной техники. Е.М. Воронкова, Б.Н. Гречушников, Г.И. Дистлер, И.П. Петров. И. Наука, М. 1965, 335 с.

5. Микроэлектроника (теория, конструирование и производство). И. Советское Радио, М. 1966 453 с. Пер. с англ. Microelectronics (Theory, Design, and Fabrication). McGraw-Hill Book Company, Inc. N-Y, Toronto, London.
6. Выявление тонкой структуры кристаллов (Справочник). Ю.П. Пшеничников. И. "Металлургия", М., 599 с.
7. Основы конструирования микроэлектронной аппаратуры. А.П. Ненашев, Л.А. Коледов. И. Радио и Связь, М. 1981, 303 с.
8. Полупроводниковая микроэлектроника. А.И. Курносков, Э.Н. Воронков. Военное И. МО СССР, М. 1973, 240 с.
9. Физические основы электронной и ионной технологии. И.А. Аброян, А.Н. Андронов, А.И. Титов. И. В.Ш., М., 1984, 319 с.

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 учебных занятий	Организация деятельности студента
<i>Лекция</i>	<i>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.</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 бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.