



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Кафедра «Инженерная физика»

Образовательная программа
11.03.04- Электроника и нанoeлектроника

Профили подготовки:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала 2021

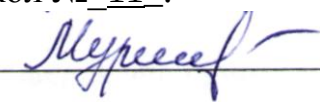
Рабочая программа дисциплины «Введение в физику полупроводников» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника от «19» 09 2017 г. № 927. (Изменения в ФГОС ВО от «8» февраля 2021 г. №83).

Разработчик: кафедра инженерной физики, д.ф.м.н., проф. Садыков С.А.

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от «29» 06 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» 06. 2021 г., протокол № 11.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «9» 07 2021 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы

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

Аннотация рабочей программы дисциплины

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

Содержание дисциплины включает круг вопросов, связанных с физическими процессами, протекающими в полупроводниках, являющихся основными материалами элементов и приборов электроники и нанoeлектроники

Дисциплина нацелена на формирование следующих *профессиональных* компетенций выпускника:

ПК-1.2. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур;

ПК-1.3. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

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

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

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
4	72	32	16	16				40	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Введение в физику полупроводников» - дать представление о физических процессах в полупроводниках, их свойствах, областях применения в качестве материалов элементов и приборов электроники и наноэлектроники.

Цель дисциплины является приобретение базовых знаний по физике полупроводников, необходимых для понимания физических процессов и явлений, протекающих в полупроводниках.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» в структуре ОПОП входит в вариативную часть образовательной программы. Основные разделы программы курса: основы зонной теории твердого тела, статистика равновесных и неравновесных носителей заряда, кинетические и оптические явления в полупроводниках.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: физика, математический анализ, дифференциальные уравнения.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Введение в физику полупроводников» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы, государственной итоговой аттестации и в дальнейшей трудовой деятельности.

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

<i>Код и наименование профессиональной компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции выпускника</i>	<i>Результаты обучения Дисциплины учебного плана</i>
Тип задачи профессиональной деятельности – научно-исследовательский		
ПК-1 Способен совершенствовать процессы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-1.2. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает: - основные закономерности формирования конденсированных сред, в том числе полупроводниковых материалов; - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; - элементарную теорию электропроводности полупроводников - основные свойства, процессы и явления, происходящие в полупроводниках; - знания о структуре, физико-

	ПК-1.3. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению	химических свойствах, конструкции и назначении полупроводниковых наноматериалов и наноструктур; - назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров полупроводников; - основные методы измерений параметров полупроводников; - технический английский язык в области электроники и наноэлектроники. Умеет: - описывать и качественно объяснять основные процессы и явления, происходящие в полупроводниках; - использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и областях применения полупроводников в электронике и наноэлектронике; - работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации; Владеет: - методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики полупроводников; - навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров полупроводников; - опытом понимания качества исследований, относящихся к области физики полупроводников; - навыками внедрения новых методов измерения параметров полупроводников с использованием современных приборов и методик электроники и наноэлектроники. Знает: - основные методы модификации свойств полупроводниковых наноматериалов и наноструктур; - аргументированно выбирать и реализовывать на практике
--	--	---

	новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	<i>эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников;</i> Умеет: -оценивать технические риски при выборе методов и оборудования для модификации свойств полупроводниковых материалов; - проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и приборов для модификации свойств полупроводниковых материалов. Владеет: -методами экспериментальных исследований параметров и характеристик полупроводников с применением современных приборов и устройств; - навыками анализировать и внедрить новые методы для модификации свойств полупроводников.
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1.								
1	Введение. Элементы зонной теории полупроводников.	4		4				8	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
2	Равновесные и	4		4		8		12	Опрос на занятиях.

	неравновесные электроны и дырки в полупроводниках.								Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
	<i>Итого по модулю 1:48</i>			8		8		20	
	Модуль 2								
3	Кинетические явления в полупроводниках	4		4		4		12	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
4	Оптические явления в полупроводниках	4		4		4		8	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
1	<i>Итого по модулю 2: 52</i>			8		8		20	
	ИТОГО:			16		16		40	

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

Модуль 1

Тема 1. Введение. Элементы зонной теории полупроводников.

Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Волновая функция электрона в периодическом поле, зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников.

Тема 2. Равновесные и неравновесные электроны и дырки в полупроводниках.

Примесный полупроводник. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках - элементарная картина химических связей. Собственный полупроводник. Плотности состояний электронов и дырок. Равновесные электроны и дырки в полупроводниках. Положение уровня Ферми и равновесные концентрации электронов и дырок в собственном и примесном полупроводнике. Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, квазиуровни Ферми. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.

Модуль 2

Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках

Элементарная теория электропроводности полупроводников. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Эффект Холла. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Разогрев носителей заряда. Эффект Ганна. Эффект Зинера.

Тема 4. Оптические явления в полупроводниках

Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение. Форма края собственного поглощения в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Примесное и межпримесное поглощение. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1	Лекция 1. Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Лекция 2. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников. Лекция 3. Собственные и примесные полупроводники. Плотности состояний электронов и дырок. Равновесная концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми в собственном и примесном полупроводнике. Лекция 4. Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, квазиуровни Ферми. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.
Модуль 2	Лекция 5. Элементарная теория электропроводности полупроводников. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Лекция 6. Эффект Холла. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Разогрев носителей заряда. Эффект Ганна. Эффект Зинера. Лекция 7. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение. Форма края собственного поглощения в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Примесное и межпримесное поглощение. Лекция 8. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.

4.3.2. Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы	Кол.часов
1.	Введение. Элементы зонной теории полупроводников.	8

	Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Волновая функция электрона в периодическом поле, зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников.	
2.	Равновесные и неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Плотности состояний электронов и дырок. Равновесные электроны и дырки в полупроводниках. Расчет и построение температурных зависимостей концентрации и электропроводности. Расчет и построение температурной зависимости положения уровня Ферми. Расчет избыточной концентрации неравновесных носителей заряда. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.	12
3.	Кинетические явления в полупроводниках Уравнение непрерывности. Температурная зависимость электропроводности полупроводников. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла. Магниторезистивный эффект. Эффекты Ганна и Зинера.	12
4.	Оптические явления в полупроводниках Механизмы поглощения света в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.	8

4.3.3. Лабораторный практикум

Выполнение лабораторных работ, обработки результатов измерений, редактирования схем, изображений и чертежей с использованием современных программных средств OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView.

	Наименование лабораторных работ	Кол. час ов.
• 1	• Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников.	4
• 2	• Определение ширины запрещенной зоны полупроводника	4
• 3	• Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла.	4
• 4	• Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках.	4

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 «Квантовая и оптическая электроника» 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 **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

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

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов имеет целью подготовку к семинарским и практическим занятиям по отдельным разделам дисциплины, а также к выполнению лабораторных работ по предмету. Разделы дисциплины для самостоятельной работы приведены в п. 4.3.2.

В течение семестра студенты самостоятельно готовятся по отдельным разделам дисциплины, представляют рефераты и презентации, обсуждают выбранные темы на практических занятиях.

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

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.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-1 Способен совершенствовать процессы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-1.2. Способен проводить исследование по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает: - основные закономерности формирования конденсированных сред, в том числе полупроводниковых материалов; - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; - элементарную теорию электропроводности полупроводников - основные свойства, процессы и явления, происходящие в полупроводниках; - знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении полупроводниковых наноматериалов и наноструктур; - назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров полупроводников; - основные методы измерений параметров полупроводников; - технический английский язык в области электроники и наноэлектроники. Умеет: - описывать и качественно объяснять основные процессы и явления, происходящие в полупроводниках; - использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и областях применения полупроводников в электронике и наноэлектронике; - работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации;	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов. Проверка отчетов лабораторных работ. Промежуточный контроль по модулю

	ПК-1.3. Способен проводить исследование по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Владеет: -методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики полупроводников; -навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров полупроводников; - опытом понимания качества исследований, относящихся к области физики полупроводников; -навыками внедрения новых методов измерения параметров полупроводников с использованием современных приборов и методик электроники и нанoeлектроники. Знает: - основные методы модификации свойств полупроводниковых наноматериалов и наноструктур; - аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников; Умеет: -оценивать технические риски при выборе методов и оборудования для модификации свойств полупроводниковых материалов; - проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и приборов для модификации свойств полупроводниковых материалов. Владеет: -методами экспериментальных исследований параметров и характеристик полупроводников с применением современных приборов и устройств; - навыками анализировать и внедрить новые методы для модификации свойств полупроводников.	Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов. Проверка отчетов лабораторных работ. Промежуточный контроль по модулю
--	---	--	--

Контрольные вопросы.

- Каковы различия в зонной структуре металлов, полупроводников и диэлектриков? Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
- Как экспериментальным образом можно определить эффективные массы носителей заряда?
- Каковы определения дефектов-доноров и дефектов-акцепторов?
- Чем отличается распределение носителей заряда по состояниям в разрешенных зонах и на примесных уровнях?
- Основные закономерности зонной структуры реальных полупроводников. Т
- Какие носители заряда в полупроводниках называются равновесными?
- Понятие о собственном и примесном полупроводниках.
- Дайте определение функции плотности состояний для электронов и дырок.
- Дайте графическую иллюстрацию выражений для концентраций электронов и дырок в случае вырожденного и невырожденного полупроводника
- Где расположен уровень Ферми в энергетическом спектре собственного полупроводника?
- В чем отличие уровня Ферми в полупроводниках от энергии Ферми в металлах?
- Что собой представляет энергетический спектр электронов в полупроводнике?
- Запишите формулу для концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике.
- Как экспериментально найти ширину запрещенной зоны в невырожденном полупроводнике?
- Запишите и поясните условие электронейтральности в примесном полупроводнике.
- Может ли примесный полупроводник обладать собственной проводимостью? Каково условие вырождения полупроводника при введении в него примесей.
- Понятие о подвижности носителей. Электропроводность полупроводника.
- Зависимость подвижности и электропроводности от температуры.
- Рассеяние носителей заряда в полупроводниках. Основные механизмы рассеяния.
- Эффект Холла в твердых телах. Как отклоняются электроны и дырки?
- Какие параметры полупроводника можно определить с помощью эффекта Холла?
- Какие явления и эффекты приводят к повышению концентрации носителей заряда в полупроводниках в сильных электрических полях.?
- Какие явления и эффекты связаны с увеличением подвижности носителей заряда в полупроводниках в сильных электрических полях?
- Что такое ударная ионизация, электростатическая ионизация, эффект Зинера?
- Что такое спектр поглощения? Виды оптического поглощения в полупроводниках.
- В чем состоит физический смысл прямозонных и непрямозонных электронных переходов в энергетическом спектре полупроводников?
- Форма края собственного поглощения при прямых переходах.
- Форма края собственного поглощения при непрямых переходах.
- Какую информацию можно получить из исследований спектров собственного поглощения?
- Какую информацию можно получить из исследований спектров примесного поглощения?
- Что такое люминесценция? Виды люминесценции в твердом теле.
- Механизмы излучательной рекомбинации.

Примерные тестовые задания

1. В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к полупроводникам, если:

- 1) последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично
- 2) валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зоной, не занятой электронами
- 3) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 5-6$ эВ) запрещенной зоной
- 4) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 2-3$ эВ) запрещенной зоной
- 5) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны узкой ($< 2-3$ эВ) запрещенной зоной

2. Эффективные массы носителей заряда можно определить из экспериментов по:

- 1) циклотронному резонансу
- 2) температурной зависимости электропроводности
- 3) температурной зависимости подвижности
- 4) эффекту Холла
- 5) термомагнитным явлениям.

3. Знание компонент m_{ij}^* тензора эффективной массы позволяет описать движение электрона в кристалле как движение свободной частицы с массой m_{ij}^* :

- 1) только во внешних электрических полях
- 2) только во внешних магнитных полях
- 3) в одном только электрическом поле решетки
- 4) во внешних электрических и магнитных полях
- 5) во внешних полях при одновременном действии периодического поля решетки

4. Какое из следующих утверждений верно:

- А) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.
В) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.
1) верно только А 2) верно только В 3) верны оба утверждения
4) оба утверждения неверны.

5. Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике:

- 1) зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 2) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 3) зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 4) не зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 5) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по линейному закону

6. Дырочный полупроводник невырожден, если:

- 1) уровень Ферми лежит в валентной зоне ниже потолка валентной зоны на $5 kT$
- 2) уровень Ферми расположен в зоне проводимости выше дна зоны проводимости по крайней мере на $5 kT$
- 3) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне ниже дна зоны проводимости не менее чем на kT
- 4) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне выше потолка валентной зоны не менее чем на kT
- 5) уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

7. Основным методом измерения концентрации носителей и определении их знака в случае примесной проводимости является:

- 1) эффект Холла
- 2) измерение термоэдс
- 3) измерения проводимости и подвижности носителей
- 4) измерения температурной зависимости примесной проводимости
- 5) измерения красной границы фотопроводимости

8. Рекомбинацией называется любой процесс, приводящий к переходу электрона:

- 1) в зону проводимости
- 2) из зоны проводимости в состояние, локализованное вблизи примеси или дефекта
- 3) с примесного уровня в незанятое электронами состояние в валентной зоне
- 4) на более высокие уровни энергии (в зону проводимости или запрещенную зону)
- 5) из зоны проводимости в валентную зону с заполнением какого-либо дырочного состояния, в результате чего происходит исчезновение электрона и дырки

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно - рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации. По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

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.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- ♣ посещение занятий __10__ бал.
- ♣ активное участие на лекциях __15__ бал.
- ♣ устный опрос, тестирование, коллоквиум __60__ бал.
- ♣ и др. (доклады, рефераты) __15__ бал.

Текущий контроль включает: (от 51 и выше - зачет)

- ♣ посещение занятий __10__ бал.

- ♣ активное участие на практических занятиях __15__ бал.
- ♣ выполнение домашних работ _15__ бал.
- ♣ выполнение самостоятельных работ _20__ бал.
- ♣ выполнение контрольных работ _40__ бал.

Физический практикум - Текущий контроль включает: (от 51 и выше - зачет)

- ♣ посещение занятий и наличие конспекта __15__ бал.
- ♣ получение допуска к выполнению работы __20__ бал.
- ♣ выполнение работы и отчета к ней _25__ бал.
- ♣ защита лабораторной работы _40__ бал.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- ♣ устный опрос - 60 баллов, ♣ письменная контрольная работа - 30 баллов,
- ♣ тестирование - 10 баллов.

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

а) основная литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников. - М.: Лань, 2010. СПб:Лань, 2010. – 703 С. – 62 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009, 335 С. – 20 (в научной библиотеке ДГУ).
3. Кардона П. Ю. Основы физики полупроводников. - М.: Физматлит, 2002, 560 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2013091973570/osnovi-fizikipoluprovodnikov-kardona-m-peter-u-2002.html>

б) дополнительная литература:

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К.. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие – СПб.: Лань, 2009, 479 С. – 24 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005, 406 С. – 1 (в научной библиотеке ДГУ).

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>

Для проведения лабораторного практикума по дисциплине созданы условия для максимально самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ. К выполнению лабораторного практикума допускаются только студенты, сдавшие допуск по технике безопасности, о чем делается запись в соответствующем журнале. Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных.

В начале каждого лабораторного занятия преподаватель проводит экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы, и плану выполнения лабораторных работ. После выполнения лабораторной работы студент обязан сдать отчет о проделанной работе и ответить на контрольные вопросы. По всем работам практикума имеются описания, в состав которых входят теоретический материал, практические задания и описание хода выполнения работы и отчета по ней. Описание работ лабораторного практикума приведено в литературе, указанной в рабочей программе дисциплины.

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 11.04.04 «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, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

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