



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика p-n переходов и поверхностно - барьерных структур

Кафедра «Инженерная физика»

Образовательная программа
11.03.04- Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
очная

Статус дисциплины:
Вариативная

Махачкала - 2020

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04-Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) - Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №218.

Разработчик(и): кафедра инженерной физики, Офицера Н.В., к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерной физики от 17. 02. 2020 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от 28. 02. 2020 г., протокол №6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением 28. 02. 2020 г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина **«Физика p-n переходов и поверхностно - барьерных структур»** входит в число базовых дисциплин вариативной части (дисциплина по выбору) образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в электрических переходах в полупроводниках, на контакте металл-полупроводник и в гетеропереходах, являющихся основой многих приборов и устройств электроники и микроэлектроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ПК-2; ПК-3;

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме тестирования, письменной контрольной работы и 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, диф.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			
8	72	36	16	-	20	-		36	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Физика p-n переходов и поверхностно - барьерных структур» - выработка понимания физики и умения математически описать процессы, происходящие в p - n-переходах,

поверхностно - барьерных структурах, находящихся в равновесных и неравновесных состояниях, а также освоению методов корректного расчета их параметров.

Задачами дисциплины является изучение основных процессов и явлений, происходящих в р - п переходах и поверхностно - барьерных структурах, а также их применение в устройствах полупроводниковой электроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина **«Физика р-п переходов и поверхностно - барьерных структур»** входит в цикл базовых дисциплин вариативной части. Основные требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание основ высшей математики, основ общей физики, особенно разделов электричество, атомная физика.

Для успешного освоения дисциплины **«Физика р-п переходов и поверхностно-барьерных структур»** студенты должны иметь знания по дисциплинам «Материалы электронной техники», «Теоретические основы электроники», «Физика конденсированного состояния», в том числе «Физика полупроводников».

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

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает: типы электрических переходов, их принципиальные отличия, физические процессы, происходящие в р-п - переходах, находящихся в различных состояниях; экспериментальные методы исследования р-п - переходов и поверхностно-барьерных структур; сходство и различия идеализированных и реальных р-п - переходов и барьеров Шоттки; Умеет: аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования р-п - переходов и поверхностно-барьерных структур; рассчитать основные

		параметры р-п-переходов и барьеров Шоттки; <i>Владеет:</i> методикой экспериментального исследования параметров и характеристик устройств на основе р-п - переходов и поверхностно-барьерных структур;
ПК-3	Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	<i>Знает:</i> основные представления о типах электрических переходов, об их принципиальных отличиях, о физических процессах в р-п- переходах, находящихся в различных состояниях; <i>Умеет:</i> описывать и качественно объяснять основные процессы и явления, происходящие в р-п - переходах и поверхностно-барьерных структурах; использовать информационные источники для получения новых знаний об их свойствах и областях применения в электронике и нанoeлектронике; <i>Владеет:</i> основными представлениями и понятиями, касающимися р-п - переходов и поверхностно-барьерных структур; методами формулирования и решения задач в этой области; опытом понимания качества исследований, относящихся к области р-п - переходов и поверхностно-барьерных структур; методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с этими проблемами;

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
				Лекции	Практ. зан.	Лаб.р.	Сам.раб.	

Модуль 1								
1	Раздел 1. Предмет дисциплины. Понятие о р-п – переходе.	4	1-2	2	2		4	Физический диктант Контрольная работа
2	Раздел 2. Равновесное и неравновесное состояние р-п - перехода.	4	3-6	4	4		8	Контрольная работа
3	Раздел 3. Идеализированный диод. Вольт-амперная характеристика и пробой реального диода.	4	7-9	2	4		8	Рефераты
Модуль 2								
4	Раздел 4 Частотные и импульсные свойства диода. Гетеропереходы.	4	10-13	4	4		8	Контрольная работа
5	Раздел 5. Понятие о барьере Шоттки, основные параметры барьера Шоттки. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки	4	14-15	2	2		4	Контрольная работа
6	Раздел 6. Методы исследования р-п - переходов и поверхностно – барьерных структур.	4	16-17	2	2		4	Рефераты
7	Зачет	4	18					5
8	Итого			16	20		36	5

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

Лекции

Модуль 1

Тема 1. Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о р-п - переходе. Определение и классификация р-п - переходов. Плавные, симметричные, несимметричные р-п - переходы. Структура р-п - перехода. Физический переход, металлургический переход.

Тема 2. Равновесное состояние р-п - перехода. Токи через р-п - переход в равновесном состоянии. Методика расчета параметров р-п - переходов. Расчет параметров ступенчатого р-п - перехода. Переход с линейным распределением примеси.

Неравновесное состояние р-п - перехода. Прямое и обратное включение р-п - перехода. Квазиуровни Ферми для электронов и дырок. Энергетические диаграммы неравновесного р-п - перехода. Граничные условия. Ширина р-п - перехода.

Тема 3. Анализ идеализированного диода. Модель идеализированного диода. Методика анализа ВАХ идеализированного диода. Распределение неосновных носителей заряда в квазинейтральных областях. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток. Температурная зависимость прямой ветви ВАХ. Коэффициент инжекции.

Особенности ВАХ реального диода. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п - переходе. Ток рекомбинации. Сопротивление базы. Характеристики диода при высокой степени уровне инжекции. ВАХ реального диода. Структура тока в базе диода.

Модуль 2

Тема 4. Частотно - импульсные свойства диода. Механизм инерционности диода. Барьерная емкость. Частотные свойства на малом переменном сигнале. Импульсные свойства диода. Процессы включения и выключения.

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

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

Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки. Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера различных полупроводников. Диоды Шоттки с охранными кольцами из р-п - переходов. Применение диодов Шоттки.

Тема 6. Особенности ВАХ реального диода. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п - переходе. Ток рекомбинации. Сопротивление базы. Характеристики диода при высокой степени уровне инжекции. ВАХ реального диода. Структура тока в базе диода.

Темы практических занятий.

1. Р-п - переход. Определение и классификация р-п - переходов.
2. Равновесный и неравновесный р-п - переход.
3. Идеализированный диод. ВАХ идеализированного диода.
4. Реальные диоды. Особенности ВАХ реального диода.
5. Механизмы пробоя р-п – перехода.
6. Частотно - импульсные свойства диода.
7. Гетеропереходы. Изотипные и анизотипные гетеропереходы.
8. Модель Шоттки. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки.
9. Диоды Шоттки.
10. Методы исследования р-п - переходов и поверхностно - барьерных структур.

Вопросы для итогового контроля (зачет).

1. Понятие о р-п - переходе. Определение и классификация р-п - переходов.
2. Токи через р-п - переход в равновесном состоянии.
3. Расчет параметров ступенчатого р-п - перехода.
4. Прямое и обратное включение р-п - перехода.
5. Энергетические диаграммы неравновесного р-п - перехода.
6. Ширина р-п - перехода.
7. Модель идеализированного диода.
8. ВАХ идеализированного диода.
9. Тепловой ток. Температурная зависимость прямой ветви ВАХ.
10. Особенности ВАХ реального диода.
11. Термогенерация и рекомбинация носителей заряда в р-п - переходе.
12. Ток рекомбинации. Сопротивление базы.
13. ВАХ реального диода.
14. Механизмы пробоя р-п - перехода. Особенности лавинного и туннельного пробоя.
15. Частотно - импульсные свойства диода. Барьерная емкость.
16. Гетеропереходы. Требования к материалам гетеропары.
17. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.
18. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
19. Модель Шоттки.
20. Зонные диаграммы барьера Шоттки.
21. Идеализированная модель барьера Шоттки и поверхностные состояния.
22. Основные параметры барьера Шоттки.
23. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки.

24. Диоды Шоттки с охранными кольцами из р-п – переходов.
25. Методы исследования р-п - переходов и поверхностно - барьерных структур (Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик).
26. Методы исследования р-п - переходов и поверхностно - барьерных структур (Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод).

5. Образовательные технологии.

В учебном процессе по дисциплине «Физика р-п переходов и поверхностно-барьерных структур» широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекционные занятия проводятся в аудитории 2-41, где имеется электронная интерактивная доска. Во время лекций студентам демонстрируются видеофильмы о приборах с р-п – переходами, гетеропереходами, барьерами Шоттки, анимации сложных процессов, происходящих в р-п – переходах, гетеропереходах, барьерах Шоттки. Демонстрируются технологические процессы формирования, внешний вид, электрофизические характеристики и многое другое.

Также предусмотрены встречи студентов с учеными ДЦН РАН – специалистами в области физики и технологии полупроводниковых приборов.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

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

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

1. Информационные технологии.
2. Проблемное обучение.
3. Индивидуальное обучение.
4. Междисциплинарное обучение.
5. Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций при изучении дисциплины используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, лабораторные работы, 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:

1. самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
2. поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Предполагается написание рефератов по темам, предложенным преподавателем. Рефераты готовятся и защищаются в течение того семестра, когда изучается предмет. Для написания рефератов используются как интернет – ресурсы, так и основная и дополнительная литература, приведенные ниже.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

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

Итоговый контроль.

Зачет в конце 8 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения 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.

Предполагается самостоятельная работа студентов при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, в первую очередь. Кроме того, самостоятельная работа предполагает самоподготовку к контрольным работам, а также к зачету. Самостоятельная работа должна проходить в 4 этапа:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка к контрольной работе
4. Подготовка к зачету - тестированию

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 Дагтосуниверситета (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 Дагтосуниверситета.

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.

<i>Код и наименование компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенций</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Процедура освоения</i>
ПК-2 Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик		<i>Знает</i> основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в р-п – переходах и поверхностно – активных структурах; современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники,	Устный опрос, письменный опрос

приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;		информационных технологий; основные закономерности формирования р-п – переходов и поверхностно – активных структур;	Письменный опрос
ПК-3 Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций		<i>Умеет:</i> использовать специализированные знания в области р-п – переходов и поверхностно – активных структур для освоения профильных физических дисциплин; описывать и качественно объяснять основные процессы и явления, происходящие в р-п – переходах и поверхностно – активных структурах; использовать информационные источники для получения новых знаний в этой области; <i>Владеет:</i> методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики р-п – переходов и поверхностно – барьерных структур; соответствующим физико - математическим аппаратом для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; методами количественного формулирования и решения задач в области физики р-п – переходов и поверхностно – активных структур;	Письменный опрос

7.2. Типовые контрольные задания

Тесты для итогового контроля по дисциплине «Физика р-п переходов и поверхностно-барьерных структур»

Вариант 1

1. При изготовлении выпрямителя было использовано последовательное соединение двух разнотипных диодов из Si. Диод 1 был более высоковольтным, чем диод 2. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
 - 1) диод 1
 - 2) диод 2
 - 3) нагреваться будут одинаково
2. Если р- область легирована значительно сильнее, чем п- область, то в какой области будет шире обедненный слой?
 - 1) р- области
 - 2) п-области
 - 3) ширина слоя будет в обеих областях одинаковая
3. Если осветить р-п- переход диода, то на его контактах возникнет разность потенциалов. Какова будет её полярность?
 - 1) + на р
 - 2) – на р
 - 3) + на п
 - 4) – на п
4. В диоде с р-п- переходом увеличили степень легирования одной из областей. Что произойдет с величиной емкости перехода (при нулевом смещении)?
 - 1) увеличится
 - 2) уменьшится
 - 3) не изменится
5. Какой диод более высокочастотный : АД110 или 3А530 ?
 1. АД110
 2. 3А530
 3. граничные частоты у них одинаковы

Вариант 2

1. При увеличении температуры диода его обратное сопротивление возрастает или падает?
 - 1) возрастает
 - 2) падает
 - 3) не изменяется
2. Как изменится обратный ток р-п- перехода при увеличении степени легирования его областей?
 - 1) уменьшиться
 - 2) увеличиться
 - 3) не изменится
3. Что такое «область пространственного заряда»?
 - 1) это область, обедненная подвижными носителями заряда.
 - 2) это область с повышенной концентрацией подвижных носителей заряда.
 - 3) это область, где заряд положительных ионов компенсирован зарядом подвижных электронов
4. В реальном р-п-переходе прямой ток больше или меньше чем в идеализированном и по какой причине?
 - 1) меньше, из-за тока термогенерации, который направлен против прямого тока;
 - 2) больше, из-за тока рекомбинации электронов и дырок в обедненной области;
 - 3) больше, из-за влияния последовательного сопротивления базы;

- 4) меньше, из-за эффектов инжекции, экстракции неосновных носителей и их диффузии в нейтральных областях;
5. Почему при освещении кремниевого р-п- перехода солнцем между контактами к р и п областям появляется разность потенциалов?
 - 1) в результате нагрева р-п- перехода и термоэлектрического эффекта Пельтье;
 - 2) в результате возникновения градиента концентрации носителей заряда и эффекта Дембера
 - 3) в результате разделения фотогенерированных носителей полем р-п- перехода.
6. Измерения показали, что у диода №1 пробой носит лавинный характер, у диода №2 пробой носит туннельный характер. В каком из диодов пробивное напряжение выше?
 - 1) в 1-м
 - 2) во 2-м
 - 3) одинаково
7. Какое из следующих утверждений для гомоперехода верное:
 - 1) контактная разность равна разности термодинамических работ выхода р и п областей;
 - 2) контактная разность равна разности уровней Ферми р и п областей;
 - 3) контактная разность равна разности сродства к электрону р и п областей.
 - 4) все утверждения

Вариант 3

1. У диода из какого материала (Ge, Si, GaAs) выше вероятность теплового пробоя?
 - 1) Вероятность пробоя не зависит от материала;
 - 2) Ge;
 - 3) Si;
2. При изготовлении выпрямителя было использовано параллельное соединение диода из Si и GaAs. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
 - 1) одиночного нагреются;
 - 2) диод из Si;
 - 3) диод из GaAs;
3. Обратный ток реального р-п-перехода больше или меньше чем в идеализированном и почему?
 - 1) больше, так как в реальном р-п-переходе в обратный ток вносит вклад ток, обусловленный рекомбинацией носителей в обедненной области;
 - 2) больше, так как в реальном р-п-переходе существует также токи термогенерации носителей;
 - 3) меньше, так как токи термогенерации носителей в реальном р-п-переходе направлены против обратного тока;
 - 4) меньше, вследствие эффекта модуляции сопротивления базы;
4. Какова должна быть степень легирования базовой области стабилитрона в зависимости от величины напряжения стабилизации?
 - 1) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть относительно высокой, чем для низковольтных;
 - 2) для низковольтных стабилизаторов степень легирования примесями базовой области должна быть относительно низкой, чем для высоковольтных;
 - 3) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть низкой, а для низковольтных – высокой;

5. После радиационного облучения диода время жизни неосновных носителей заряда в р - и п - областях упало. Как изменилась контактная разность потенциалов?
- 1) увеличилась;
 - 2) уменьшилась;
 - 3) не изменилась;
6. Как изменится обратный ток р-п -перехода в SiC при уменьшении степени легирования его областей, если все остальные параметры остались неизменными?
- 1) не изменится;
 - 2) увеличится;
 - 3) уменьшится;
7. У диода, включенного в прямом направлении определенный участок ВАХ можно аппроксимировать прямой линией. При нагреве диода эта прямая линия будет смещаться к началу координат. Чем объяснить это смещение?
- 1) увеличением обратного тока диода;
 - 2) уменьшением контактной разности потенциалов;
 - 3) изменением сопротивления толщи областей материала диода;

Вариант 4

1. По какому закону на начальном участке ВАХ ток смещенного в прямом направлении р-п- перехода зависит от напряжения?
 - 1) по линейному
 - 2) по квадратичному.
 - 3) по экспоненциальному
2. На основе Si изготовили два диода с симметричным р-п - переходом. Степень легирования областей диода 1 составляет 10^{16} см^{-3} , у второго диода 10^{15} см^{-3} . У какого из диодов напряжение пробоя выше?
 - 1) второго диода;
 - 2) диода 1;
 - 3) у обоих диодов одинаково;
3. При прямых токах, превышающих предельно допустимое значение, диод, как правило, выходит из строя. Какова наиболее частая причина отказа?
 - 1) электрический пробой;
 - 2) тепловой пробой или выгорание р-п-перехода;
 - 3) туннельный пробой;
4. Чем гетеропереход принципиально отличается от гомоперехода?
 - 1) наличием областей с различной шириной запрещенной зоны;
 - 2) возможностью образования как анизотипных, так и изотипных переходов;
 - 3) наличием различных барьеров для электронов и дырок, что позволяет получить одностороннюю инжекцию;
 - 4) видом ВАХ, сильно зависящим от концентрации дефектов вблизи металлургической границы;
5. Из какого материала изготовлен диод 2С139Д-1?
 - 1) арсенида галлия;
 - 2) карбида кремния;
 - 3) германия;
 - 4) кремния;
6. Можно ли с помощью вольтметра непосредственно измерить величину потенциального барьера в р-п- переходе (подключив вольтметр к контактам к р - и п - областям)?
 - 1) нет;

- 2) да;
- 3) можно с большой погрешностью;
- 7. Как зависит фото-ЭДС солнечного преобразователя от ширины запрещенной зоны материала E_g
 - 1) фото-ЭДС не зависит от E_g ;
 - 2) чем больше E_g , тем меньше фото – ЭДС;
 - 3) чем больше E_g , тем больше значение фото – ЭДС;

Вариант 5

- 1. У какого из перечисленных ниже полупроводников самая низкая собственная концентрация носителей заряда: Ge, Si, GaAs ?
 - 1) Ge;
 - 2) Si;
 - 3) GaAs;
 - 4) Собственные концентрации при комнатной температуре в данных материалах равны;
- 2. Почему если механически соединить кусочки полупроводников р - и п - типа (с идеально чистой поверхностью), не удастся получить хороший диод?
 - 1) Не удастся осуществить совмещение кристаллических решеток;
 - 2) Не удастся создать идеально ровные поверхности;
 - 3) Не удастся обеспечить плотный контакт;
- 3. Как изменится обратный ток р-п- перехода в Si при уменьшении концентрации основных примесей р- и п- областей, если все остальные параметры остались неизменными?
 - 1) не изменится;
 - 2) увеличится;
 - 3) уменьшится;
- 4. Разработчик получил задание в диоде из Si уменьшить прямое падение напряжения. Он решил достигнуть этого уменьшая сопротивление толщи полупроводникового материала, увеличив степень легирования. Как при этом изменится обратный ток диода?
 - 1) увеличиться;
 - 2) уменьшится;
 - 3) не изменится;
- 6. Из какого материала изготовлен диод 3А530?
 - 1) из кремния;
 - 2) германия;
 - 3) арсенида галлия;

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

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен экзамен во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

Текущий контроль:

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5 баллов
- написание и защита рефератов 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

Промежуточный контроль освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

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

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

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

Основная литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников. - М.: Лань, 2010. СПб:Лань, 2010. – 703 С. – 62 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
2. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. М., Наука 2-е издание. 1990, 685 С. – 5экз. (в научной библиотеке ДГУ).

3. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. - М.:Высшая школа; Юрайт Издат, 2009, 463 С.- Свободный доступ: http://ru.b-ok.org/book/706028/5dc1f3/?_ir=1

б) дополнительная литература:

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К.. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие – СПб.: Лань, 2009, 479 С. – 24экз. (в научной библиотеке ДГУ).
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005, 406 С. – 1экз. (в научной библиотеке ДГУ).
3. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов - М. : Физматлит, 2008. - 487 С. – 31экз. (в научной библиотеке ДГУ).
4. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009, 335 С. – 20 экз. (в научной библиотеке ДГУ).

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

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и наноэлектроника:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(Доступ продлен до сентября 2019 года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru/>Доступ бессрочный.
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (Доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>

10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
 12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
 13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS** <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
 14. **БД SAGE Premier. Журналы Sage Publications:**<http://journals.sagepub.com/> . Доступ открыт с 01 января 2018 г.
 15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - web of knowledge.com. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.
- 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. 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.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу

его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

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.

Работа на лекции

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является непременным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуется волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места,

определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию"(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Подготовка к сессии

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

Методические рекомендации для преподавателя

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине, является выработка у бакалавров осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей работы их инженерами-исследователями, при организации современного производства высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием наглядных пособий и раздаточных материалов; метод «мозгового штурма», индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями СТП. С целью более эффективного усвоения бакалаврами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных занятий использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. Для более глубокого изучения предмета бакалаврам представляется информация о возможности использования Интернет - ресурсов по разделам дисциплины.

Для контроля знаний бакалавров по данной дисциплине необходимо проводить рубежный и итоговый контроль.

Рубежный контроль. Бакалаврами по изученной дисциплине выполняются реферативные работы, доклады.

Контрольное тестирование. Этот метод включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра.

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 специальностью - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

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

осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

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

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

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером: с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для

осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОСВО. 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 2-41, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.