МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы контроля параметров полупроводников

Кафедра *Инженерной физики* **факультета** *физического*

Образовательная программа
11.03.04- Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) программы
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины:
входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений

Махачкала – 2022

Рабочая программа дисциплины *Методы контроля параметров полупроводников составлена в* 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника** от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями №1456 от 26.11.2020 г., 8 февраля 2021 г. №83).

Разработчик(и):*доцент каф.ИФ, к.ф. – м.н., Офицерова Н.В.*
(кафедра, ФИО, ученая степень, ученое звание)

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры *Инженерная физика* от «22» 03 2022 г., протокол № 7

Зав. кафедрой _____ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии *физического* факультета от
« 23 » 03. 2022 г., протокол № 7
Председатель _____ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 30 » 03 2022 г. _____ Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *Методы контроля параметров полупроводников* входит *в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплина по выбору* ОПОП *бакалавриата* по направлению (специальности) ***11.03.04. Электроника и наноэлектроника***.

Дисциплина реализуется на факультете *физическом* кафедрой *инженерной физики*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами технологии производства материалов электронной техники. Рассматриваются основные методы получения и очистки материалов (полупроводников и диэлектриков, керамики и ситаллов) современной электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессоинальных* – ОПК-2; *профессиональных:* ПК-1.1; ПК -1.2; ПК – 1.3

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольных работ, рефератов и коллоквиумов* и промежуточный контроль в форме *зачета*.

Объем дисциплины *2* зачетных единиц, 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	Лабор -е занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
4	72	32	16	-	16			40	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Методы контроля параметров полупроводников» является получение углубленного профессионального образования по методам контроля полупроводников, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро - и наноэлектроники.

2.Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина *Методы контроля параметров полупроводников* входит в *часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплина по выбору* ОПОП *бакалавриата* по направлению (специальности) ***11.03.04. Электроника и наноэлектроника***.

Для освоения дисциплины необходимо знание общего курса физики (раздел «Молекулярная физика» «Электричество»), основ математического анализа и дифференциальных уравнений, дисциплин «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Химия».

Дисциплина *Методы контроля параметров полупроводников* является основой для изучения последующих курсов, таких как «Физические основы электроники», «Физика конденсированного состояния», «Нанструктурные материалы", «Наноэлектроника». «Промышленная электроника», курсов по выбору вариативной части профессионального цикла и т.д.

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

Код и наименование компетенции из ОПОП	***Код и наименование индикатора достижения компетенций***	***Планируемые результаты обучения***	***Процедура освоения***
ОПК -2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	**ОПК-2.1.** Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи	***Знает:*** - методы планирования эксперимент для решения поставленной задачи ***Умеет:*** - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки ***Владеет:*** - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.	Устный и письменный опрос
	ОПК-2.2. Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	***Знает:*** - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации; - основные приемы обработки и представления экспериментальных	

		данных. ***Умеет:*** - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования; - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных ***Владеет:*** - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач; - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	
ПК-1 Способен совершенствовать процессы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	**ПК-1.1**. Способен собирать предварительную информацию и анализирует методы измерения параметров и свойств наноматериалов и наноструктур	***Знает***: - методики проведения экспериментальных исследований по совершенствованию процессов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур; ***Умеет:*** - проводить поиск и анализировать методы измерения параметров и свойств наноматериалов и наноструктур; - проводить сравнительный анализ и аргументировано выбирать наиболее эффективную методику проведения экспериментальных исследований для решения поставленной задачи ***Владеет***: -навыками собирать предварительную информацию о методах измерения параметров и свойств наноматериалов и наноструктур; - навыками поиска и выбора эффективной методики проведения экспериментальных исследований для решения поставленной задачи	Устный и письменный опрос
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:*** - углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур; - назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - технический английский язык в области наноматериалов и нанотехнологий; - требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной без-	Устный опрос, письменный опрос

		опасности и здоровья. ***Умеет:*** - оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией; - обеспечивать выполнение требований охраны труда; - оформлять технологическую документацию. ***Владеет***: - навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками оценивать риски внедрения новых методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками внедрить и контролировать качества новых методов измерения параметров наноматериалов и наноструктур.	
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:*** - углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур; - назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - технический английский язык в области наноматериалов и нанотехнологий; - требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья. ***Умеет:*** - оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией; - обеспечивать выполнение требований охраны труда; - оформлять технологическую документацию. ***Владеет***:	Устный опрос, тесты Мини - конференция

		- навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками оценивать риски внедрения новых методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками внедрить и контролировать качества новых методов измерения параметров наноматериалов и наноструктур.	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 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	Контроль самост.		
	Модуль 1. Удельное сопротивление. Эффект Холла. Магнитосопротивление								
1	Методы измерения удельного сопротивления полупроводников	4		4	4			10	Устный опрос Контрольная работа (КР)
2	Контроль параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления.	4		4	4			10	Устный опрос (КР), рефераты
	Итого по модулю			8	8			20	
	Модуль 2. Электрические и оптические методы контроля								
3	Вольт-амперные и вольт-фарадные методы контроля параметров полупроводниковых	4		4	4			10	Устный опрос Контрольная работа (КР)

	структур								
4	Оптические методы контроля параметров полупроводников	4		4	4			10	Устный опрос (КР), рефераты
1	*Итого по модулю*				8			20	
	ИТОГО:				16			40	*зачет*

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

Модуль 1

Тема 1.Методы измерения удельного сопротивления полупроводников

Удельное сопротивление. Эффект Холла. Магнитосопротивление. Двухзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников. Погрешность метода, источники погрешности измерения (фотопроводимость, фото-ЭДС, ТКС и т.д.).

4-х зондовый метод. Линейное расположение зондов. Расположение зондов по вершинам квадрата. Электрическая схема и методика измерения. Применение 4-х зондового метода к образцам простой геометрической формы.

Измерение удельного сопротивления тонкой пластины. Измерение удельного сопротивления сложных структур, эпитаксиальных и диффузионных слоев. Промышленная установка ИУС-3, ИУС-1. 3-х зондовый метод измерения удельного сопротивления п/п-в, основанный на измерении пробоя точечного контакта металл-п/п-к

Метод сопротивления растекания. Сущность метода. Методика измерения. Требования к зондам. Измерение удельного сопротивления по толщине диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоев. Погрешность метода.

Метод Ван-дер-Пау. Сущность метода. Схема измерения. Высокочастотные бесконтактные методы измерения удельного сопротивления п/п-х материалов. Индукционный метод. Емкостный метод. Мостовой метод.

Тема 2. Контроль параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления.

Измерение концентрации и подвижности носителей заряда. Эффект Холла. Теория метода определения концентрации и подвижности носителей заряда. Методика измерений. Сопутствующие физические эффекты. Источники погрешности. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда на пластинах произвольной геометрической формы. Различные варианты использования постоянных и переменных электрических и магнитных полей в измерительной установке.

Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости эффекта Холла. Теория метода. Сущность метода. Определение концентрации глубоких доноров (акцепторов) по эффекту Холла при высокой температуре.

Модуль 2

Тема 3.Вольт-амперные и вольт-фарадные методы контроля параметров полупроводниковых структур.

Определение из ВАХ контактной разности потенциалов, механизмов переноса заряда в полупроводниковых структурах. Измерение прямого падения напряжения и последовательного сопротивления полупроводниковых структур.

Определение концентрации примесей из вольт-фарадных характеристик барьеров Шоттки и p-n-переходов. Теория метода. Способы измерения крутизны ВФХ. Схема установки для измерения профиля легирования, основанной на измерении второй гармоники напряжения. Модуляционный метод измерения профиля легирования. Метод обратной связи.

Вольт-фарадные методы измерения параметров глубоких ловушек. Параметры глубоких ловушек, коэффициенты ионизации, сечения захвата, коэффициенты захвата для электронов и дырок, время релаксации заполнения глубокого уровня. Метод релаксации емкости.

Метод постоянной емкости для определения параметров глубоких уровней. Сущность метода. Теория метода. Схема установки для измерения параметров глубоких ловушек методом постоянной емкости

Тема 4. Оптические методы контроля параметров полупроводников.

Контроль параметров полупроводников путем измерения фотопроводимости, фототока, фото-ЭДС и фотолюминесценции.

Стационарная фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Методы определения параметров. Схема установки и методика измерения стационарной фотопроводимости.

Определение диффузионной длины по фототоку короткого замыкания p-n - перехода. Измерение параметров п/п методом затухания фотопроводимости. Определение содержания и идентификация примесей по спектрам фотолюминесценции.

Оптические константы. Экспериментальные методы определения оптических констант. Определение концентрации по оптическому поглощению. Спектральные приборы для исследования оптических свойств п/п-в.

Содержание лекционных занятий

Название лекции	***Модуль***
Лекция 1.. Двухзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников.4-х зондовый метод.	1
Лекция 2. Метод сопротивления растекания. Метод Ван-Дер Пау.	
*Лекция 3.*Измерение концентрации и подвижности носителей заряда. Эффект Холла. Теория и сущность метода.	
Лекция 4. Определение концентрации глубоких доноров (акцепторов) по эффекту Холла при высокой температуре.	
Лекция 5. Физика и технология барьеров Шоттки. Определение из	2

ВАХ контактной разности потенциалов, механизмов переноса заряда в полупроводниковых структурах.	
Лекция 6. Вольт-фарадные методы измерения параметров глубоких ловушек. Метод постоянной емкости для определения параметров глубоких уровней.	
Лекция 7. Контроль параметров п/п-в путем измерения фотопроводимости, фототока, фото-ЭДС и фотолюминесценции.	
Лекция 8.. Определение диффузионной длины по фототоку короткого замыкания p-n - перехода. Измерение параметров п/п методом затухания фотопроводимости.	

Темы практических и семинарских занятий

№	Наименование тем	Форма проведения	Лит-ра
	Модуль 1		
1	Определение удельного сопротивления полупроводников. Анализ граничных условий при определении удельной проводимости образцов конечных результатов. Решение задач.	Семинар	1, 3
2	Определение концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках. Решение задач.	Семинар	1, 3
3	Определение концентрации доноров и акцепторов в полупроводниках из температурной зависимости эффекта Холла. Решение задач.	Семинар	1, 3
4	Измерение вольт-фарадных характеристик кремниевых диодов и арсенида галлиевых светодиодов и определение концентрации примесей в них. Решение задач.	Семинар	1, 3
	Модуль 2		
5	Определение профиля легирования диффузионного слоя в кремниевой p-n-структуре из измерений ВФХ.Решение задач.	Семинар	1, 3
6	Определение параметров полупроводников из измерений фотопроводимости. Решение задач.	Семинар	1, 3
7	Определение концентрации носителей по оптическому поглощению. Решение задач.	Семинар	1, 3
8	Измерение концентрации примесей по спектрам фотолюминесценции образцов карбида кремния, а также методом рентгеновского микроанализа. Решение задач.	Семинар	1, 3

5. **Образовательные технологии**

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером. Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета Microsoft Office, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

Электронный учебник. Имеются и используются в учебном процессе электронные учебники по дисциплине *Основы технологии электронной компонентной базы*. Электронный учебник предназначен для самостоятельного изучения теоретического материала курса и построен на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Гипертекстовая структура позволяет обучающемуся определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы и способ изложения материала.

Компьютерная тестирующая система. Разработана и внедрена в учебный процесс компьютерная тестирующая система, которая обеспечивает, с одной стороны, возможность самоконтроля для обучаемого, а с другой стороны используется для текущего или итогового контроля знаний студентов.

Презентация. Разработан электронный курс лекций по всем темам, с использованием электронных презентаций. Что улучшает восприятие материала, повышает мотивацию познавательной деятельности и способствует творческому характеру обучения.

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 «*Технология материалов электронной техники»*. 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 компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения заня-

тий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

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 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 экзамену. 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

Тематика для самостоятельной работы

№	Содержание темы
	Модуль1
1.	**Контроль, виды контроля.** Измерение, элементы измерения, принцип измерения, средство измерения, метод измерения, погрешность измерения, косвенные измерения. Обработка погрешностей измерения.
2.	**Методы контроля удельного сопротивления полупроводников.** Двухзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников. 4-х зондовый метод. Метод сопротивления растекания. Метод Ван-Дер Пау. Метод сопротивления растекания.
3.	**Вольт-амперные и вольт-фарадные методы контроля параметров полупроводниковых структур.** Физика и технология барьеров Шоттки. Определение из ВАХ контактной разности потенциалов, механизмов переноса заряда в полупроводниковых структурах. Определение концентрации примесей из вольт-фарадных характеристик барьеров Шоттки и p-n-переходов. Вольт-фарадные методы измерения параметров глубоких ловушек. Метод постоянной емкости для определения параметров глубоких

	уровней. Сущность метода. Теория метода.
	Модуль 2
4.	**Оптические методы контроля параметров полупроводников.**Контроль параметров п/п-в путем измерения фотопроводимости, фототока, фото-ЭДС и фотолюминесценции. Стационарная фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Методы определения параметров. Определение диффузионной длины по фототоку короткого замыкания p-n - перехода. Измерение параметров п/п методом затухания фотопроводимости. Оптические константы. Экспериментальные методы определения оптических констант.
5.	**Контроль параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления.** Измерение концентрации и подвижности носителей заряда. Эффект Холла. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости эффекта Холла. Теория метода. Сущность метода. Определение концентрации глубоких доноров (акцепторов) по эффекту Холла при высокой температуре.

Литература для самостоятельной работы

1. Лебедев, Александр Иванович. Физика полупроводниковых приборов / Лебедев, Александр Иванович. - М.:Физматлит, 2008. - 487 с.: ил. - Рекомендовано УМО. - ISBN 978-5-9221-0995-6 : 220-00. - 31 (в библиотеке ДГУ).
2. Плотников П.Г. Изучение полупроводников в курсе ФТТ [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Г. Плотников, Л.В. Плотникова. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 67 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66454.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*).
3. Дикарева Р.П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р.П. Дикарева, С.П. Хабаров. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 24 с. — 978-5-7782-1667-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45186.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)
1. Величко А.А. Определение толщины эпитаксиальных слоев и ширины запрещенной зоны полупроводников методом ИК Фурье-спектрометрии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.А. Величко, Б.Б. Кольцов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 28 с. — 978-5-7782-1924-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45125.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)

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.

Подготовка рефератов – один из видов самостоятельной работы студентов, на которую по образовательным стандартам должно выделяться около 50% от общего фонда времени на дисциплину. Работа над рефератом позволяет студенту более углубленно изучить предлагаемую тему и способствует развитию навыков работы с литературными источниками.

Набор тем рефератов определяется спецификой направления (специальности), по которой обучается студент. Это отражается в рабочем учебном плане дисциплины..

Тематика рефератов по курсу

1. Погрешности измерений и способы их анализа
2. Экспериментальные методы контроля удельного сопротивления полупроводников
3. Экспериментальные методы контроля параметров неравносесных носителей заряда в полупроводниках.
4. Холловские методы измерения параметров полупроводников.
5. Емкостные методы измерения параметров полупроводников и структур.
6. Оптические методы контроля параметров материалов электроники
7. Вольтамперные методы исследование параметров полупроводников

Итоговый контроль.

Зачет в конце 4 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу**.**

Контрольные вопросы к зачету

1. Контроль, виды контроля. Измерение, элементы измерения, принцип измерения, средство измерения, метод измерения.
2. Погрешность измерения, типы погрешностей. Способы обработки результатов измерений.
3. Методы измерения удельного сопротивления полупроводников. Двухзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников. Погрешность метода, источники погрешности измерения.
4. 4-х зондовый метод. Теория метода. Линейное расположение зондов. Расположение зондов по вершинам квадрата. Электрическая схема и методика измерения. Применение 4-х зондового метода к образцам простой геометрической формы. Граничные условия.

5. Измерение удельного сопротивления тонкой пластины. Измерение удельного сопротивления сложных структур, эпитаксиальных и диффузионных слоев. Основные источники погрешности и способы уменьшения.
6. 3-х зондовый метод измерения удельного сопротивления п/п-в, основанный на измерении пробоя точечного контакта металл-п/п-к
7. Метод сопротивления растекания. Сущность метода. Теория метода. Методика измерения. Требования к зондам. Измерение удельного сопротивления по толщине диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоев. Вид поправочных функций. Погрешность метода.
8. Метод Ван-дер-Пау. Сущность метода. Вид поправочной функции. Формы образцов. Схема измерения.
9. Высокочастотные бесконтактные методы измерения удельного сопротивления п/п-х материалов. Индукционный метод. Емкостный метод. Мостовой метод.
10. Определение параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда. Эффект Холла. Теория метода определения концентрации и подвижности носителей заряда. Методика измерений. Сопутствующие физические эффекты. Источники погрешности.
11. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда на пластинах произвольной геометрической формы. Различные варианты использования постоянных и переменных электрических и магнитных полей в измерительной установке.
12. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости эффекта Холла. Теория метода. Сущность метода. Определение концентрации глубоких доноров (акцепторов) по эффекту Холла при высокой температуре.
13. Параметры неравновесных носителей заряда. Время жизни, дрейфовая подвижность, биполярный коэффициент диффузии, диффузионная длина, скорость поверхностной рекомбинации.
14. Измерение дрейфовой подвижности ННЗ методом Шокли. Схема измерительной установки. Модификации метода.
15. 1Измерение времени жизни ННЗ. Сущность метода, Методика измерения.
16. Определение диффузионной длины ННЗ, метод движущегося светового луча. Схема измерительной установки. Способы уменьшения погрешности измерения.
17. Фазовый и частотный методы измерения времени жизни ННЗ.
18. Определение концентрации примесей из вольт-фарадных характеристик барьеров Шоттки и p-n-переходов. Теория метода. Способы измерения крутизны ВФХ. Схема установки.
19. Стационарная фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Схема установки и методика измерения параметров полупроводников из стационарной фотопроводимости.

20. Измерение параметров п/п методом релаксации фотопроводимости.
21. Определение содержания и идентификация примесей по спектрам фотолюминесценции.
22. Оптические константы. Экспериментальные методы определения оптических констант. Определение концентрации по оптическому поглощению. Спектральные приборы для исследования оптических свойств п/п-в.
23. Метод рентгеноспектрального анализа и растровой электронной микроскопии.

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. Фонды 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) ОПОП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ОПОП (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. Типовые контрольные задания.

Примеры тестовых заданий для промежуточного контроля
Вариант 1

1. Через прямоугольный образец полупроводника сечением 0,5см^2 протекает ток 1а. Разность потенциалов между зондами, расположенными на расстоянии 1см равна 6в. Определить удельное сопротивление образца.
   1) 2 Ом
   2) 3 Ом
   3) 4 Ом
   4) 6 Ом
2. Двухзондовый метод применяется для измерения удельного сопротивления:
   1) образцов произвольной формы
   2) образцов правильной геометрической формы
   3) полубесконечных образцов
3. При измерении сопротивления растекания использованы зонды с радиусом контакта 4мкм. Величина измеренного сопротивления 625Ом. Считая эмпирический коэффициент К равным единице определить удельное сопротивление полупроводникового образца.
   1) 0,25Ом·м
   2) 0,50 Ом·м
   3) 2,0 0м·м
   4) 6,25 Ом·м
4. Сущность метода измерения сопротивления растекания заключается в:
   1) измерении сопротивления структуры, которая состоит из полупроводникового образца и металлического зонда малой площади, установленного на поверхности образца.
   2) том, что сопротивление структуры, которая состоит из полупроводникового образца и металлического зонда малой площади, установленного на поверхности образца, однозначно связано с удельным сопротивлением полупроводника.
   3) том, что сопротивление растекания структуры, которая состоит из полупроводникового образца и металлического зонда малой площади, установленного на поверхности образца, однозначно зависит от радиуса контакта зонда.

5. При выводе формулы четырехзондового метода измерения удельного сопротивления приняты допущения:

1) что образец легирован однородно
2) что образец имеет ограниченные размеры со всех сторон
3) что образец ограничен с одной стороны плоской поверхностью
4) что образец имеет правильную геометрическую форму

Вариант 2.

1. При каких условиях можно пренебречь поправочной функцией в четырехзондовом методе?

1) если расстояние от крайнего зонда до края образца меньше 3 и более раза, чем расстояние между зондами
2) если расстояние от крайнего зонда до края образца больне 3 и более раза, чем расстояние между зондами
3) если образцы имеют правильную геометрическую форму
4) При малых токах, которые не вызывают нагревание образца

2. Метод Ван-Дер_Пау применяется для образцов:

1) толстых образцов произвольной формы
2) образцов правильной геометрической формы
3) полубесконечных образцов
4) в виде тонких пластин произвольной формы.

3. В чем главные причины погрешности измерений в методе Ван-Дер_Пау :

1) неточность средств измерений
2) влияние внешних факторов
3) протяженность омических контактов к образцу.
4) погрешность измерения толщин образца.

4. В чем суть эффекта Холла?

1) В появлении электрического поля в направлении оси У в образце, находящемся в магнитном поле вдоль оси Z, при пропускании электрического тока через образец вдоль оси X.
2) В появлении поперечного электрического тока в образце помещенном в перепендикулярно току магнитное поле, при пропускании вдоль образца электрического тока
3) В появлении магнитного поля в направлении оси Z в образце, находящемся в электрическое поле вдоль оси У, при пропускании тока через образец вдоль оси X.
4) В изменении сопротивления образца при помещении его в поперечное магнитное поле

5.При рассеянии носителей на ионах примеси Холл-фактор равен:

1) 1,18
2) 1,93
3) 1
4) 0,55

Вариант 3.

1. Как зависит коэффициент поглощения α прямозонного полупроводника от энергии квантов света *hν*?

1) α линейно зависит от *hν*
2) α^2 линейно зависит от *hν*
3) α экспоненциально зависит от *hν*
4) α логарифмичеески зависит от *hν*

2. В оптических экспериментах коэффициент поглощения α определяют:

1) расчетным путем из значений коэффициентов пропускания и отражения света
2) измерив расстояние от поверхности образца, на котором интенсивность света уменьшается в два раза
3) измерив расстояние от поверхности образца, на котором интенсивность света уменьшается в е раз
4) расчетным путем из значения коэффициента преломления света

3. Линейность графика зависимости $C^{-2} = f(U)$ барьера Шоттки означает, что

1) В образце имеется градиент концентрации примеси
2) Полупроводник по всей толщине однородно легирован
3) Полупроводник на глубину проникновения области объемного заряда однородно легирован
4) Полупроводник за границей области объемного заряда однородно легирован

4. Измерения ВФХ выполняют при подаче на p-n структуру

1) прямого смещения фиксированного значения
2) обратного смещения фиксированного значения
3) прямого смещения переменного значения
4) обратного смещения переменного значения

5. В какой области сильно несимметричного p-n перехода регистрируется профиль распределения примесей методом ВФХ :

1) в сильнолегированной области
2) в слаболегированной области
3) в области с высокой концентрацией носителей

Вариант 4.

1. По температурной зависимости ЭДС Холла можно определить:

1) время жизни носителей
2) концентрацию примесных атомов
3) концентрацию нейтральных атомов
4) энергию ионизации преобладающей примеси

2. Прямоугольный образец полупроводника n-типа с размерами l=50мм, w=5мм, d= 1мм помещен в магнитное поле с индукцией 0,5 Тл, перпендикулярное плоскости образца. Под действием напряжения 0,42В вдоль образца протекает ток 20

мА. Величина ЭДС Холла равна 6,25мВ. Чему равна удельное сопротивление образца и холловская подвижность?

1) 0,21 Ом·м, 29,76 $м^2$/В·с
2) 0,42 Ом· м, 6,25 $м^2$/В·с
3) 2,5 Ом· м, 5,5 $м^2$/В·с
4) 5 Ом· м, 45 $м^2$/В·с

3. Для чего вместе с ЭДС Холла обычно измеряют удельную проводимость образца?

1) для определения концентрации примесей
2) для определения концентрации носителей
3) для определения Холл- фактора
4) для определения холловской подвижности

4. Используя постоянный или переменный ток, а также постоянное и переменное магнитное поле Холловские измерения можно проводить

1) двумя различными способами
2)тремя различными способами
3) четырьмя различными способами
4) восемью различными способами

5. Отрицательное значение коэффициента Холла означает,

1) что образец высокоомный
2) что образец собственной проводимости
3) что образец электронного типа проводимости
4) что образец дырочного типа проводимости

Вариант 5.

1. Прямоугольный образец полупроводника n-типа с размерами l=50мм, w=5мм, d= 1мм помещен в магнитное поле с индукцией 0,5 Тл, перпендикулярное плоскости образца. Под действием напряжения 0,42В вдоль образца протекает ток 20 мА. Величина ЭДС Холла равна 6,25мВ. Чему равна концентрация носителей заряда?

1) $1\cdot10^{18}$
2) $1\cdot10^{19}$
3) $2,5\cdot10^{19}$
4) $1,6\cdot10^{18}$

2. Как различаются спектры фундаментального поглощения прямозонных и непрямозонных полупроводников?

1) на спектре фундаментального поглощения прямозонного полупроводника в координатах $\alpha^2 = f(h\nu)$ имеется два прямолинейных участка, а на спектре непрямозонного полупроводника один прямолинейный участок.
2) на спектре фундаментального поглощения прямозонного полупроводника в координатах $\alpha^2 = f(h\nu)$ имеется два прямолинейных участка, а на спектре непрямозонного полупроводника два .
3) спектры фундаментального поглощения различаются интенсивностью.

4. Обычно по спектрам отражения определяют
   1) времена жизни носителей
   2) ширину запрещенной зоны полупроводника
   3) концентрацию основных носителей
   4) концентрацию неосновных носителей
5. Для снятия спектров фотолюминесценции образец освещается модулированным светом с длиной волны, лежащей
   1) в области прозрачности полупроводника
   2) в области фундаментального поглощения полупроводника
   3) в области плазменного поглощения полупроводника
   4) в области примесного поглощения полупроводника

Вариант 6.

1. Прямоугольный образец полупроводника n-типа с размерами l=50мм, w=5мм, d= 1мм помещен в магнитное поле с индукцией 0,5 Тл, перпендикулярное плоскости образца. Под действием напряжения 0,42В вдоль образца протекает ток 20 мА. Величина ЭДС Холла равна 6,25мВ. Чему равна проводимость и подвижность носителей заряда?
   1) 29,76 $м^2$/В·с, 0,21 Ом· м,
   2) 6,25 $м^2$/В·с, 0,42 Ом· м,
   3) 5,5 $м^2$/В·с, 2,5 Ом· м,
   4) 45 $м^2$/В·с, 5 Ом· м,
2. Частота электронного (дырочного) плазменного резонанса
   1) зависит эффективной массы носителей и их подвижности
   2) зависит от энергии квантов падающего света
   3) зависит от концентрации носителей и их эффективной массы
   4) зависит от интенсивности падающего света
3. Для измерения длины волны спектральной линии и величины коэффициента пропускания применяют
   1) спектрометры
   2) спектрофотометры
   3) спектрографы
   4)монохроматоры
4. Какова должна быть разность хода между соседними интерференционными максимумами, регистрируемыми на интерферометре Майкельсона, при пропускании света пленкой SnO_2 толщиной 1 мкм, если показатель преломления n=2?
   1) 1 мкм
   2) 2 мкм
   3) 3 мкм
   4) 4 мкм
5. Как различаются по внешнему виду спектры поглощения и фотолюминесценции?

1) спектры ФЛ имеют узкий колоколообразный вид, а спектры поглощения широкие.
2) спектры поглощения имеют узкий колоколообразный вид, а спектры ФЛ широкие.
3) в одном веществе оба спектра имеют одинаковый вид
4) спектры поглощения имеют сложный вид

Вариант 7.

1. Вычислить энергию ионизации доноров в кремнии n-типа, если концентрация электронов 10^{14}см$^{-3}$ при T_1=50К и 10^{12}см$^{-3}$ при T_2=28К.
   1) 0,0496 эВ
   2) 0,0258 эВ
   3) 0,143 эВ
   4) 0,125 эВ
2. При измерении коэффициента поглощения света в двух образцах полупроводниковой пленки, различающихся по толщине на 1 мкм, отношение интенсивностей проходящего света изменилось в е раз. Определить коэффициент поглощения света α (см$^{-1}$).
   1) $1\cdot10^{7}$ см$^{-1}$
   2) $1\cdot10^{8}$ см$^{-1}$
   3) $2\cdot10^{4}$ см$^{-1}$
   4) $2{,}7\cdot10^{5}$см$^{-1}$
3. Что лежит в основе эллипсометрического метода измерения толщины эпитаксиальных слоев?
   1) интерференция лучей отраженных от поверхности слоя и от границы эпитаксиальный слой-подложка
   2) дифракция лучей отраженных от границы эпитаксиальный слой-подложка
   3) поляризация света, отраженного от поверхности
   4) поглощение света эпитаксиальным слоем
4. Возможно ли наблюдение в непрямозонных полупроводниках прямых излучательных переходов и при каких условиях?
   1) нет не наблюдаются
   2) да наблюдаются, если энергия световых квантов соответствует энергии запрещенной зоны
   3) да наблюдаются, если энергия световых квантов значительно больше энергии запрещенной зоны
   4) да наблюдаются, если в полупроводнике нет примесных рекомбинационных центров.
5. Какой параметр полупроводника определяют по красной границе фотопроводимости?
   1) удельное сопротивление
   2) уровень Ферми

3) темновая проводимость
4) ширину запрещенной зоны

Вариант 8.

1. По какому закону нарастает и спадает сигнал фотопроводимости при освещении образца прямоугольными импульсами света?
   1) по линейному закону
   2) по экспоненциальному закону
   3) по логарифмическому закону
   4) сигнал фотопроводимости имеет вид прямоугольных импульсов.
2. Измерение времени жизни методом частотной модуляции фотопроводимости основано на:
   1) зависимости частоты переменной составляющей фотопроводимости от времени жизни
   2) зависимости амплитуды переменной составляющей фотопроводимости от частоты
   3) измерении сдвига фазы переменной составляющей фотопроводимости
   4) зависимости времени жизни носителей от частоты модуляции света
3. Чем различаются режимы постоянного тока и постоянного поля при измерении фотопроводимости?
   1) При малом сопротивлении нагрузки реализуется режим постоянного поля, а при большом сопротивлении - режим постоянного тока
   2) При большом сопротивлении нагрузки реализуется режим постоянного поля, а при малом сопротивлении - режим постоянного тока
   3) Режим постоянного поля реализуется при использовании источника переменного тока, а режим постоянного тока – при использовании источника переменного тока.
4. Как создается неравновесные носители в методе Шокли для измерения подвижности?
   1) путем освещения образца
   2) путем нагревания образца
   3) путем инжекции из эмиттера
   4) за счет сильного электрического поля
5. Какой режим наиболее часто используется в растровом электронном микроскопе?
   1) режим изображения во вторичных электронах
   2) режим наблюдения отраженных электронов
   3) режим поглощенных электронов
   4) режим наведенного тока

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

Контроль освоения бакалавром дисциплины осуществляется в рамках модульно - рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг магистра по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля магистра 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 в первом 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.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

-устный опрос – 10 баллов,

- письменная контрольная работа – 25 баллов,

- тестирование – 25 баллов.

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

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно - рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 30%, среднего балла по всем модулям 70%.

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.

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

Курс «Технология материалов электронной техники» на образовательной платформе Moodle http://edu.dgu.ru/course/view.php?id=3232

Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPR books (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.

Основная литература

4. Лебедев, Александр Иванович. Физика полупроводниковых приборов / Лебедев, Александр Иванович. - М.:Физматлит, 2008. - 487 с.: ил. - Рекомендовано УМО. - ISBN 978-5-9221-0995-6 : 220-00. - 31 (в библиотеке ДГУ).
5. Плотников П.Г. Изучение полупроводников в курсе ФТТ [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Г. Плотников, Л.В. Плотникова. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 67 с. — 2227-

8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66454.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*).

6. Дикарева Р.П. Физика твердого тела и полупроводников. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р.П. Дикарева, С.П. Хабаров. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 24 с. — 978-5-7782-1667-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45186.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)

Дополнительная литература

1. Величко А.А. Определение толщины эпитаксиальных слоев и ширины запрещенной зоны полупроводников методом ИК Фурье-спектрометрии [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.А. Величко, Б.Б. Кольцов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 28 с. — 978-5-7782-1924-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45125.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)
2. Дикарева Р.П. Физика твердого тела и полупроводников. Исследование температурной зависимости энергии Ферми методом термоЭДС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Р.П. Дикарева, С.П. Хабаров. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 20 с. — 978-5-7782-1666-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45185.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)
3. Вихров С.П. Физические процессы в барьерных структурах на основе неупорядоченных полупроводников [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.П. Вихров, Н.В. Вишняков, В.Г. Мишустин. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 75 с. — 978-5-4487-0364-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/79688.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)
4. Потапов А.И. Приборы и методы контроля [Электронный ресурс] : учебник / А.И. Потапов, М.В. Волкодаева. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2017. — 432 с. — 978-5-94211-796-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78142.htmlВ каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)
5. Еловацкий, С.С. Электронная спектроскопия поверхности и тонких плѐнок / С. С. Еловацкий ; МГУ им. М.В.Ломоносова, Физ. фак. - М. : МГУ, 1992. - 93 с. ; 21 см. - (Физика). - Библиогр.: с. 90-91 (22 назв.). - ISBN 5-211-02904-6 : 5-50. - 1 в библиотеке ДГУ
6. Вудраф, Д. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Делчар ; пер. с англ. Е.Ф.Шека; под ред. В.И.Раховского. - М. : Мир, 1989. - 568 с. : ил. ; 22 см. . - Библиогр.: с. 545-555. - ISBN 5-03-001129-3 : 4-90. - 1 в библиотеке ДГУ.

7. Сысоев И.А. Градиентная эпитаксия для получения микро- и наноструктур твердых растворов AIIIBV через тонкую газовую зону [Электронный ресурс] : монография / И.А. Сысоев, Л.С. Лунин. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 97 с. — 978-5-9296-0785-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62929.html - В каталоге ЭБС (*с указанием электронного адреса*)

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 ***11.03.04. Электроника и наноэлектроника*:**

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. http://www.phys.spbu.ru/library/ - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
11. **Springer.** http://link.springer.com, http://materials.springer.com/
12. **Scopus:** https://www.scopus.com
13. **WebofScience:** webofknowledge.com
14. www.nanotech.ru

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 предостав-

ляется 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 отвлечься при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуются 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: зачётно - экзаменационной сессией.

Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственейшим периодом в работе студента. Серьезно 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.

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

Интернет ресурсы:

1. www. elsevierscience.ru
2. www. edu.ru
3. www. window.edu.ru
4. www.nisrussia.ru
5. www.neicon.ru
6. www.springerlink.cjm.journsis
7. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
8. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

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 ОПОП. 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.