



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Образовательная программа
11.04.04- Электроника и наноэлектроника

Профили подготовки:
Физика полупроводников и диэлектриков
Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Базовая

Махачкала 2018

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: Магистратура)– Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик (и): кафедра «Инженерная физика», Курбанов М.К., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры «ИФ» от «25 » 06 2018г., протокол № 1а

Зав. кафедрой _____  _____ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета
от «29 » 06 2018 г., протокол № 10.

Председатель _____  _____ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «02 » 07 2018 г

Нач. УМУ _____  _____ Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» входит в базовую, часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой «Инженерная физика».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами современной физики полупроводников, физического материаловедения, методов исследования и контроля параметров материалов электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

- **общекультурных:** способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-2);
- **общепрофессиональных:** способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
- **профессиональных:**

способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию (ПК-2);

готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-7);

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

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

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экза мен	
	Все го	из них						
		Лекц ии	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации		
10	108	10		22		1	76	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» является формирование знаний в области экспериментальных методов контроля состава, структуры, электрофизических и оптических свойств материалов электронной электроники, которые являются основными для производственного контроля качества полупроводниковых материалов и структур, и составляет основу многих лабораторных методов исследования в области физики полупроводников и полупроводниковых материалов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» входит в федеральный компонент цикла специальных дисциплин и является обязательной для изучения.

Основные требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин: знание основ высшей математики, основ общей физики, особенно разделов электричество, оптика, атомная физика,

Для успешного освоения дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» студенты должны иметь знания по дисциплинам теоретические основы электроники, физика твердого тела, физика полупроводников и квантово-оптическая физика.

Освоению дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» должно предшествовать изучение дисциплин «Материалы электронной техники», «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
ОК-2	готовность оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы	Знает • современные концепции, подходы и методы управления инновационной деятельности, особенности организации управления инновационным проектом; • научно -технические проблемы и перспективы развития электроники и нанoeлектроники; • методологические основы и принципы современной науки. Умеет: • быть готовым к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности; • адаптироваться к изменяющимся

		условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности, определять и собирать необходимую исходную информацию в области электроники и нанoeлектроники; • определять цели инновационного развития с учетом закономерности развития электроники и нанoeлектроники, самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научные и научно- производственный профиль своей профессиональной деятельности • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно- производственной деятельности. Владеет: • приемами и методами управления инновационной деятельностью, способностью позитивно воздействовать на окружающих с точки зрения соблюдения норм и рекомендаций здорового образа жизни; • готовностью использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально- значимых проектов; • современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях электроники, микро- и нанoeлектроники; • навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения цели, задач научно-производственной деятельности.
ОПК-1	способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	Знает: • основные понятия технологичности процессов изготовления изделий электронной техники • современные тенденции развития

		электроники и нанoeлектроники, информационных технологий; • современные технологические процессы электронных и нанoeлектронных устройств, методы исследования и проектирования электронных устройств; Умеет: • адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования; • предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области электроники и нанoeлектроники; • самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научные и научно-производственный профиль своей профессиональной деятельности; Владеет: • методами работы с современными образовательными и информационными технологиями для решения задач профессиональной деятельности; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.
ПК-2	способность разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	Знает: • основные операционные системы реального времени • современные языки программирования и методы обеспечения их программную реализацию Умеет: • использовать современные программные пакеты для решения задач моделирования физических объектов • применять типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных

		программных средств, ориентированных на решение научных, проектных и технологических задач в области электроники и наноэлектроники; Владеет: практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования
ПК-7	готовность определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	Знает: - основные принципы построения технологических процессов производства микросистемных устройств; - достижения передового отечественного и зарубежного научного опыта в области электроники, микро- и наноэлектроники; Умеет: - осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; - подготавливать технические задания на выполнение проектных работ Владеет: - навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения целей, задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовки технического задания на выполнение проектных работ - современной научной терминологией и навыками применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств, ориентированных на решение проектных и технологических задач в области электроники и наноэлектроники

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п / п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контр (по неделям семест.). Формы промеж. Аттестац (по семест)
				Лекции	Практич. и семинары	Лаборат. работы	
1	Введение. Основные понятия. Контроль, виды контроля. Измерение, элементы измерения, погрешность измерения.	2	1; 7; 13	2	4	0	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2	Методы измерения удельного сопротивления полупроводников.	2	2; 8; 14	2	6	0	(ДЗ), (С), (РС)
3	Контроль параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления.	2	3; 9; 15	2	4	0	(ДЗ), (С), (РС)
4	Вольт-амперные и вольт-фарадные методы контроля параметров полупроводниковых структур	2	5; 11; 17	2	4	0	(ДЗ), (С), (РС)
5	Оптические методы контроля параметров полупроводников.	2	8; 12; 18	2	4	0	(ДЗ), (С), (РС)
Итого:				10	22	0	Зачет

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

Модуль I

1. Введение. Основные понятия. Контроль, виды контроля.

Измерение, элементы измерения, принцип измерения, средство измерения, метод измерения, погрешность измерения, косвенные измерения. Обработка погрешностей измерения.

2. Методы измерения удельного сопротивления полупроводников.

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

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.

Измерение удельного сопротивления тонкой пластины. Измерение удельного сопротивления сложных структур, эпитаксиальных и диффузионных слоев. Основные источники погрешности и способы уменьшения. 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. Теория метода. Методика измерения. Требования к зондам. Измерение удельного сопротивления по толщине диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слоев. Вид поправочных функций. Погрешность метода.

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

3. 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

4. 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 р-п-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

5. 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. Схема установки и методика измерения стационарной фотопроводимости.

Определение диффузионной длины по фототоку короткого замыкания р-п - 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

Наименование разделов и тем	Всего часов по учебному плану	Виды учебных занятий			
		Аудиторные занятия			Самостоят. работа
		Лекции	Практич. занят	Лабор. работы	
Разд. 1. Введение. Основные понятия. Контроль, виды контроля.	6	2	4		
1.Измерение, элементы измерения, принцип измерения, средство измерения, метод измерения, погрешность измерения, косвенные измерения. 2.Обработка погрешностей измерения.	6	2	4		
Разд. 2. Методы измерения удельного сопротивления полупроводников.	6	2	4		
1. Двухзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников. 2. 4-х зондовый метод. 3. Метод сопротивления растекания. 4. Метод Ван-Дер Пау.	6	2	6		
Разд. 3. Контроль параметров п/п-в путем измерения ЭДС Холла и магнитосопротивления.	6	2	4		
1. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда. Эффект Холла. 2. Определение концентрации доноров и акцепторов по температурной зависимости эффекта Холла. Теория метода. Сущность метода. 3.Определение концентрации глубоких доноров (акцепторов) по эффекту Холла при высокой температуре.	6	2	4		
Разд. 4. Вольт-амперные и вольт-фарадные методы контроля параметров полупроводниковых структур.	6	2	4		
1.Физика и технология барьеров Шоттки. Определение из ВАХ контактной разности потенциалов, механизмов переноса заряда в полупроводниковых	6	2	4		

структурах. 2. Определение концентрации примесей из вольт-фарадных характеристик барьеров Шоттки и р-п-переходов. 3. Вольт-фарадные методы измерения параметров глубоких ловушек. 4. Метод постоянной емкости для определения параметров глубоких уровней. Сущность метода. Теория метода.					
Разд. 5. Оптические методы контроля параметров полупроводников.	6	2	4		
1. Контроль параметров п/п-в путем измерения фотопроводимости, фототока, фото-ЭДС и фотолюминесценции. 2. Стационарная фотопроводимость. Спектральная зависимость фотопроводимости. Методы определения параметров. 3. Определение диффузионной длины по фототоку короткого замыкания р-п - перехода. Измерение параметров п/п методом затухания фотопроводимости. 4. Оптические константы. Экспериментальные методы определения оптических констант.	6	2	4		

Темы практических и семинарских занятий

№	Наименование тем	Форма проведения	Лит-ра
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. Определение концентрации доноров и акцепторов в полупроводниках из температурной зависимости эффекта Холла. Решение задач.	Семинар	1, 3
3	Измерение вольт-фарадных характеристик кремниевых диодов и арсенида галлиевых светодиодов и определение концентрации примесей в них. Определение профиля легирования диффузионного слоя в кремниевой р-п-структуре из измерений ВФХ.	Семинар	1, 3
4	Определение параметров полупроводников из измерений фотопроводимости. Определение	Семинар	1, 3

	концентрации носителей по оптическому поглощению. Решение задач.		
5	Измерение концентрации примесей по спектрам фотолюминесценции образцов карбида кремния, а также методом рентгеновского микроанализа.	Семинар	1, 3

Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы
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 р-п-переходов. Вольт-фарадные методы измерения параметров глубоких ловушек. Метод постоянной емкости для определения параметров глубоких уровней. Сущность метода. Теория метода.
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 р-п - 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.

5.Образовательные технологии.

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

- Информационные технологии.

- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

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

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

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

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

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

В учебном процессе по дисциплине «Методы контроля параметров полупроводниковых материалов» широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекционные занятия проводятся в аудитории 2-41, где имеется электронная проекционная доска с ноутбуком. Во время лекций студентам демонстрируются видеофильмы о методах исследования полупроводниковых материалов и структур, анимации принципов измерения и др. Демонстрируются структурные схемы измерительных установок, используемые измерительные приборы их характеристики и многое другое.

Также предусмотрено посещение научных лабораторий физического факультета ДГУ, института физики ДЦН с целью ознакомления студентов современной приборной базой научно-исследовательских лабораторий.

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

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

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

Итоговый контроль.

Зачет в конце 10 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

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

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-2	Знает • современные концепции, подходы и методы управления инновационной деятельности, особенности организации управления инновационным проектом; • научно –технические проблемы и перспективы развития электроники и наноэлектроники; • методологические основы и принципы современной науки. Умеет: • быть готовым к активному общению с	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах

	коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности; • адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности, определять и собирать необходимую исходную информацию в области электроники и наноэлектроники; • определять цели инновационного развития с учетом закономерности развития электроники и наноэлектроники, самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научные и научно- производственный профиль своей профессиональной деятельности • формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно- производственной деятельности. Владеет: • приемами и методами управления инновационной деятельностью, способностью позитивно воздействовать на окружающих с точки зрения соблюдения норм и рекомендаций здорового образа жизни; • готовностью использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально- значимых проектов; • современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях электроники, микро- и наноэлектроники; • навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения цели, задач научно-производственной деятельности.	
ОПК-1,	Знает: • основные понятия технологичности процессов изготовления изделий электронной техники	Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на

	• современные тенденции развития электроники и нанoeлектроники, информационных технологий; • современные технологические процессы электронных и нанoeлектронных устройств, методы исследования и проектирования электронных устройств; Умеет: • адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования; • предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области электроники и нанoeлектроники; • самостоятельно осваивать новые методы исследования, изменять научные и научно-производственный профиль своей профессиональной деятельности; Владеет: • методами работы с современными образовательными и информационными технологиями для решения задач профессиональной деятельности; • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.	семинарах
ПК-2	Знает: • основные операционные системы реального времени • современные языки программирования и методы обеспечения их программную реализацию Умеет: • использовать современные программные пакеты для решения задач моделирования физических объектов • применять типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств,	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.

	ориентированных на решение научных, проектных и технологических задач в области электроники и нанoeлектроники; Владеет: практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования	
ПК-7	Знает: - основные принципы построения технологических процессов производства микроэлектронных устройств; - достижения передового отечественного и зарубежного научного опыта в области электроники, микро- и нанoeлектроники; Умеет: - осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; - подготавливать технические задания на выполнение проектных работ Владеет: - навыками профессионального мышления, необходимыми для своевременного определения целей, задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовки технического задания на выполнение проектных работ - современной научной терминологией и навыками применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств, ориентированных на решение проектных и технологических задач в области электроники и нанoeлектроники	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах

7.2. Типовые контрольные задания

Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях

1. Погрешности измерений и способы их анализа
2. Экспериментальные методы контроля удельного сопротивления полупроводников
3. Экспериментальные методы контроля параметров неравновесных 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 исследования параметров полупроводников

Рекомендации к последовательности выполнения реферата.

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:
2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

Пример тестовых заданий для промежуточного контроля

Вариант 1

1. Через прямоугольный образец полупроводника сечением $0,5\text{см}^2$ 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) $0,25\text{Ом}\cdot\text{м}$
 - 2) $0,50\text{ Ом}\cdot\text{м}$
 - 3) $2,0\text{ Ом}\cdot\text{м}$
 - 4) $6,25\text{ Ом}\cdot\text{м}$
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 больше 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 Y 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 перпендикулярно 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 Y , 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 $h\nu$?
 - 1) α линейно зависит от $h\nu$
 - 2) α^2 линейно зависит от $h\nu$
 - 3) α экспоненциально зависит от $h\nu$
 - 4) α логарифмически зависит от $h\nu$
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 e 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 р-п 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 р-п 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 $l=50\text{мм}$, $w=5\text{мм}$, $d=1\text{мм}$ помещен в магнитное поле с индукцией $0,5\text{ Тл}$, перпендикулярное плоскости образца. Под действием напряжения $0,42\text{В}$ вдоль образца протекает ток 20 мА . Величина ЭДС Холла равна $6,25\text{мВ}$. Чему равна удельное сопротивление образца и холловская подвижность?
 - 1) $0,21\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $29,76\text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$
 - 2) $0,42\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $6,25\text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$
 - 3) $2,5\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $5,5\text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$
 - 4) $5\text{ Ом}\cdot\text{м}$, $45\text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$
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 $l=50\text{мм}$, $w=5\text{мм}$, $d=1\text{мм}$ помещен в магнитное поле с индукцией $0,5\text{ Тл}$, перпендикулярное плоскости образца. Под действием напряжения $0,42\text{В}$ вдоль образца протекает ток 20 мА . Величина ЭДС Холла равна $6,25\text{мВ}$. Чему равна концентрация носителей заряда?
 - 1) $1 \cdot 10^{18}$
 - 2) $1 \cdot 10^{19}$
 - 3) $2,5 \cdot 10^{19}$
 - 4) $1,6 \cdot 10^{18}$
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 $l=50\text{мм}$, $w=5\text{мм}$, $d=1\text{мм}$ помещен в магнитное поле с индукцией $0,5\text{ Тл}$, 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) $29,76 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, $0,21 \text{ Ом}\cdot\text{м}$,
 - 2) $6,25 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, $0,42 \text{ Ом}\cdot\text{м}$,
 - 3) $5,5 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, $2,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$,
 - 4) $45 \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, $5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$,
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 фотолуминесценции?
- 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 $T_1=50\text{K}$ и 10^{12} см^{-3} при $T_2=28\text{K}$.
 - 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 2 раз. Определить коэффициент поглощения света α (см^{-1}).
- 1) $1 \cdot 10^7 \text{ см}^{-1}$
 - 2) $1 \cdot 10^8 \text{ см}^{-1}$
 - 3) $2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$
 - 4) $2,7 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}$
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 создаются неравновесные носители в методе Шокли для измерения подвижности?
- 1) путем освещения образца
 - 2) путем нагревания образца
 - 3) путем инъекции 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

Список контрольных вопросов по дисциплине

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

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

Критерии оценок на курсовых экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

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

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

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

8.1 Учебно-методическое обеспечение

а) основная литература:

1. Величко А.А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Величко, Н.И. Филимонова. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 с. — 978-5-7782- 2534-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45105.html> (дата обращения 14.05.2018г.)
2. Величко А.А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Величко, Н.И. Филимонова. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 с. — 978-5-7782- 2534-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45105.html> (дата обращения 15.05.2018г.)
3. Фомин Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Фомин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2017. — 185 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57258.html> (дата обращения 13.05.2018г.)

б) дополнительная литература:

4. Смирнов В.И. Неразрушающие методы контроля полупроводниковых параметров и структур. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. 75 с. window.edu.ru/resource/280/77280/files/ulstu2012 (интернет ресурс, открытый доступ).
5. Ищенко, А.А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля: монография / А.А. Ищенко, Г.В. Фетисов, Л.А. Асланов. - 2-е изд., исправл. - Москва : Физматлит, 2011. - 648 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1369-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457660> (29.05.2018).

8.2 Информационное обеспечение дисциплины.

- Компьютерная программа моделирования картин дифракции быстрых электронов в твердых телах.
- Компьютерная программа моделирования рентгеновских дифрактограмм материалов и структур электроники.

- Компьютерная программа анализа и обработки спектральной информации (Оже-электронная спектроскопия, рентгено-спектральный микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия).
- Компьютерная программа для формирования и обработки изображений в различных режимах растровой электронной микроскопии.
- электронная библиотека курса «Методы исследования материалов и структур электроники»;
- ссылки на интернет-ресурсы.

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

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. www.affp.mics.msu.su

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

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

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<i>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения;</i>

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

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

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры «Инженерная физика», которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

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

12.1 Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Перечень технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины:

- учебные плакаты с графической информацией;
- Измерительные приборы и источники питания учебного назначения;
- Автоматизированный растровый электронный микроскоп (на каф. ФЭ);
- Автоматизированный дифрактометр быстрых электронов (на каф. ФЭ);
- Рентгеноспектральный микроанализатор (на каф. ЭФ).
- стенд для измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур (на каф. ЭФ);
- стенд для вольт-фарадных измерений параметров структур с объемным зарядом (на каф. ЭФ);
- сканирующий туннельный микроскоп – профилометр (на каф. ФЭ);
- интерферометр (на каф. ЭФ);
- рентгено-флюоресцентный спектрометр (лаб. коллектив. польз).