

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Нальгиева М. А.
от « 12 » 03 2025 г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 14 » 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.07.02 Методы исследований полупроводниковых материалов

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2025 г

Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, электрофизических и оптических свойств полупроводниковых материалов

Учебные задачи курса

Задачей изучения дисциплины является: сформировать представления об особенностях формирования физических свойств в различных материалах; изучить теоретические концепции и модели, описывающие физику явлений, характерных для различных конденсированных состояний вещества; освоить основные понятия и методы теоретического описания актуальных проблем теории конденсированного состояния вещества; развить умения использовать синхротронное излучение для исследования структур полупроводников и диэлектриков.

Студент должен познакомиться с некоторыми методами, применяемыми к описанию наблюдаемых физических явлений и приобрести навыки самостоятельных научных исследований, включая формирование навыков изучения научной физической литературы.

№ п/п	Код профессионального стандарта	Наименование области профессиональной деятельности. Наименование профессионального стандарта
01 Образование и наука		
1.	01.001	Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н(зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный №30550), с изменением, внесенным приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 августа 2016г.№422н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 23 августа2016г., регистрационный № 43326)
2.	01.003	Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 мая 2018г. № 298н (зарегистрирован Министерством юстиции РФ 28 августа 2018г., регистрационный № 52016

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6

	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6
--	---	--	---	--	--------	---

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
01 Образование	Педагогический	Разработка и реализация образовательных программ СПО и программ ДО	Образовательные программы и образовательный процесс в системе СПО и ДО
06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	Научно-исследовательский	Исследование, разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий и систем	Информационные процессы, технологии, системы и сети, их инструментальное (программное, техническое, организационное) обеспечение, способы и методы проектирования, отладки, производства и эксплуатации информационных технологий и систем в различных областях и сферах цифровой экономики

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Методы исследований полупроводниковых материалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к дисциплинам по выбору.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Для освоения дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: Общая физика (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика, атомная и ядерная физика); разделы теоретической физики: теоретическая механика, электродинамика основные положения квантовой механики, термодинамику и статистическую физику, физическую кинетику, структуру и прочность полимерных материалов, композиционные материалы; сведения из математического анализа, т.е. умение дифференцирования, интегрирования, методы решения дифференциальных уравнений обыкновенных и в частных производных, теория вероятности, математическая статистика, аналитическая геометрия, высшая алгебра.

Таблица 2.1.

Связь дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов»	Семестр
Б1.О.06.01	Мат.анализ	1,2,3
Б1.О.06.02	Аналитическая геометрия и линейная алгебра	1,2
Б1.О.06.04	Диф.уравнения	3
Б1.О.06.06	Теория вероятности и математическая статистика	5
Б1.О.09	Общая физика	1,2,3,4,5
Б.1.О.16	Теоретическая механика. Механика сплошных сред	4,5

Таблица 2.2.

Связь дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» с последующими дисциплинами и сроки их изучения

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Методы исследований полупроводниковых материалов»	Семестр
Б.1.О.17	Квантовая теория	7
Б.1.В.10	Статистическая физика	7

Таблица 2.3.

Связь дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» со смежными дисциплинами

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Методы исследований полупроводниковых материалов»	Семестр
Б1.О.09.06	Физика атомного ядра и элементарных частиц	6
Б1.В.07	Физика конденсированного состояния	6

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих обще профессиональных и профессиональных компетенций:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ПК-4	Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и	ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности. ПК-4.2 Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при	Знать: Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для электронно-микроскопического анализа

	разработок	проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности ПК-4.3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности	Уметь: Проводить металлографический анализ металлов и сплавов. Проводить измерения микротвердости. Проводить пробоподготовку объектов для электронно-микроскопического анализа. Работать с вакуумными установками ВУП-4 и ВУП- Работать с электронным микроскопом ЭМ-125 Владеть: Методиками подготовки объектов для металлографического и электронно-микроскопического анализа. Владеть инструментальными методами исследования структуры металлов и сплавов.
ПК-5.	Способен проводить работу по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.	ПК-5.1. Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок. ПК-5.2. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений в соответствующей области знаний.	Владеть: технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций; Уметь: осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; Знать: сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования.
ПК-6.	Способность	ПК-6.1. Обладает мотивацией к	Владеть:

	понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований	проектной деятельности, обладает способностями, необходимыми для самообразования и профессионального роста. ПК-6.2. Обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программы. ПК-6.3. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений. ПК-6.4. Знает принципы организации работы в коллективе проектировщиков.	технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций; Уметь: осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; Знать: сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования
--	---	--	--

4. Структура и содержание дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов»

4.1. Структура дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

Курс	3
Семестр	5
Всего учебных часов трудоемкости	144ч
Всего аудиторных часов,	84ч
в том числе: Лекции	36 ч
Практических занятий	
Лабораторных занятий	48 ч
Самостоятельная работа студентов	60
Форма контроля	Зачет с оценкой

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа	Самостоятельная работа	

			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект) др.
1.	Методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур.																	
1.1.	Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур.	5	2	1		1		2			2		+					
1.2.	Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.	5	2	1		1		2			2			+		+		
1.3	Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда.	5	2	1		1		2			2	+		+				
2.	Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью электронной микроскопии.																	
2.1	Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов.	5	2	1		1		3			3			+				
2.2	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	5	2	1		1		3			3		+		+		+	
2.3	Полевая эмиссионная и ионная микроскопия. Отражательная электронная микроскопия.	5	2	1		1		2			2			+	+			
2.4	Микроскопия медленных электронов. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).	5	2	1		1		3			3	+				+		
3	Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).																	
3.1	Принципы работы СЗМ. Формирование и обработка СЗМ изображений. Основные методы СЗМ.	5	4	2		2		2			2	+			+			
3.2	Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур	5	2	1		1		3			3			+	+			

	электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).																
4	Методы анализа с помощью электронной и ионной спектроскопии.																
4.1	Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов.	5	2	1		1	2			2			+				
4.2	Электронная спектроскопия (ЭОС). Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС).	5	3	2		1	3			3	+		+		+		
4.3	Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.	5	2	1		1	3			3			+		+		
4.4	Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий. Вторичная ионная масс-спектроскопия.																
5	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.																
5.1	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.																
5.2	Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов.																
5.3	Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок.																
5.4	Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел.																
5.5	Дифракционные методы оценки структуры	5	2	1		1	3			3		+		+			

	поверхности монокристаллов.																
6	Оптические методы исследования полупроводников и полупроводниковых структур.																
6.1	Физические принципы эллипсометрии.	5	2	1		1		3			3		+				
6.2	Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии.	5	3	2		1		2			2			+	+		
6.3	Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.	5	2	1		1		2			2			+	+		

4.2. Содержание дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»

1. Методы измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов и структур.

Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур. Двухзондовый метод измерения. Четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Бесконтактные методы измерения.

Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.

Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда. Измерение времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда.

2. Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью электронной микроскопии.

Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Полевая эмиссионная и ионная микроскопия. Отражательная электронная микроскопия. Микроскопия медленных электронов. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

3. Исследование поверхности материалов и структур электроники с помощью сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ).

Принципы работы СЗМ. Формирование и обработка СЗМ изображений. Основные методы СЗМ. Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).

4. Методы анализа с помощью электронной и ионной спектроскопии.

Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС). Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов. Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий. Вторичная ионная масс-спектроскопия.

5. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.

Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел. Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок. Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел. Дифракционные методы оценки структуры поверхности монокристаллов.

6. Оптические методы исследования полупроводников и полупроводниковых структур.

Физические принципы эллипсометрии. Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии. Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.

Лабораторные и практические занятия.

№ п/п	Наименование лабораторных и практических занятий	Кол- во часов
1	Определение типа проводимости полупроводникового материала	5
2	Определение удельного сопротивления полупроводников	5
3	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии и обработка полученных изображений	5
4	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии	5
5	Исследование свойств полупроводниковых структур с помощью ИК-Фурье спектроскопии	6
6	Сканирующая электронная микроскопия, знакомство с установкой и основами метода	6

5. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используется мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;
- лабораторные занятия проводятся с использованием оборудования лабораторий;
- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельн ой работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Предпосылки появления теории дислокаций	Работа в библиотеке	Подготовить доклад по теме «Предпосылки появления теории дислокаций»	3; 4	19
2	Правило Франка.	Работа в	Подготовить доклад	3; 4	19

		библиотеке.	по теме «Правило Франка»		
3	Рентгеновский фазовый анализ	Работа в библиотеке	Подготовить доклад по теме «Рентгеновский фазовый анализ»	1,2;3	19
4	Теория электронно-микроскопического контраста	Работа в библиотеке, работа в лаборатории	Доклад по теме: «Теория электронно-микроскопического контраста»	2;3;4	19

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление

Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным занятиям:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа с конспектом лекции;

- подготовка вопросов для самостоятельного изучения

2. Подготовка к лабораторным занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;

- формирование отчета о выполнении лабораторного занятия;

- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению по результатам лабораторного занятия;

4. Подготовка к промежуточной аттестации:

- повторение всего учебного материала дисциплины

- аналитическая обработка текста;

5. Прочие виды работ:

научно-исследовательская работа (научная статья, доклад, реферат).

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум	Дефекты кристаллического строения и физические свойства кристаллов.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
2	Коллоквиум	Линейные дефекты – дислокации.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
3	Коллоквиум	Упругие свойства дислокаций	ПК-4, ПК-5, ПК-6
4	Коллоквиум	Понятия макро- и микроструктуры	ПК-4, ПК-5, ПК-6
5	Коллоквиум	Теория дифракции коротковолнового излучения на кристаллах.	ПК-4, ПК-5, ПК-6
6	Коллоквиум	Интенсивность дифракционных лучей	ПК-4, ПК-5, ПК-6
7	Коллоквиум	Электроннография	ПК-4, ПК-5, ПК-6

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине Методы исследований полупроводниковых материалов».

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ.

1. Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур.
2. Двухзондовый метод измерения.
3. Четырехзондовый метод измерения.
4. Метод Ван-дер-Пау.
5. Бесконтактные методы измерения.
6. Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.
7. Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда.
8. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда.
9. Измерение времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда.
10. Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов.
11. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).
12. Полевая эмиссионная и ионная микроскопия.
13. Отражательная электронная микроскопия.
14. Микроскопия медленных электронов.
15. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).
16. Принципы работы СЭМ.
17. Формирование и обработка СЭМ изображений.
18. Основные методы СЭМ. Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).
19. Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов.
20. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).
21. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС).
22. Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.
23. Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий.
24. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
25. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.
26. Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов.
27. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок.
28. Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел.
29. Дифракционные методы оценки структуры поверхности монокристаллов.
30. Физические принципы эллипсометрии.
31. Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии.
32. Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»

7.1. Учебная литература

Основная литература

1. Федорович параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
2. Павлов измерения параметров полупроводниковых материалов: Учеб. для вузов по спец. «Полупроводниковые и микроэлектронные приборы». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВШ, 1987. – 239 с.
3. Миронов сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособ. для студентов старших курсов высших учебных заведений. – Н. Новгород: ИФМ РАН, 2004. – 110 с.
4. Введение в физику поверхности. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
5. Нанотехнологии. – М. Техносфера, 2005. – 336 с.

Дополнительная литература:

1. Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989. – 564 с.
2. В. Стриха исследования полупроводников. – К.: Выщапк. Головное издательство, 1988. – 232 с.
3. Основы анализа поверхности и тонких плёнок: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
4. Щука. – М. Физматкнига, 2007. – 464 с.
5. Щука. – 2-е изд., перераб. и доп. – С.-П.: БХВ-Петербург, 2008 г. – 752 с.

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Гарант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 117) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя - 1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 28шт.; скамья-56 шт
Лаборатория «Методы исследования твердых тел» (№201) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. ДТА – анализ, ЛКТ -8. Определение теплоемкостей и объемной проводимости полимеров. Установка для определения электрической прочности диэлектриков. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса альфа диэлектрических потерь. Определение показателя преломления и его инкременты растворов полимеров. Маятник – копер для исследования прочности полимеров. ДИП-определение релаксационных потерь в полимерах.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов»

Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов» включает все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать освоение обучающимися профессиональных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.02_ Физика (квалификация «Бакалавр») и рабочей программой дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов».

Назначение фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов» на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). ФОС является составной частью рабочей программы дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов» включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС);
- качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний в области экспериментальных методов исследования состава, структуры, электрофизических и оптических свойств полупроводниковых материалов

Учебные задачи курса

Задачей изучения дисциплины является: сформировать представления об особенностях формирования физических свойств в различных материалах; изучить теоретические концепции и модели, описывающие физику явлений, характерных для различных конденсированных состояний вещества; освоить основные понятия и методы теоретического описания актуальных проблем теории конденсированного состояния вещества; развить умения использовать синхротронное излучение для исследования структур полупроводников и диэлектриков.

Разделы фонда оценочных средств

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины

2. Образовательные технологии
3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследования твердых тел»
4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена
5. Вопросы для подготовки к промежуточному контролю
6. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

1. Перечень компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения дисциплины

Результатом изучения дисциплины методы исследования твердых тел является освоение выпускником следующих компетенций: ПК-4, П-5, ПК-6.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций.

Для оценки результатов освоения программы методы исследования твердых тел выделены следующие компетенции:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ПК-4	Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и разработок	<p>ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-4.2. Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <p>Физические принципы работы электронного микроскопа. Основы вакуумной техники. Методы подготовки объектов для микроскопического анализа</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить металлографический анализ металлов и сплавов. Проводить измерения микротвердости. Проводить подготовку объектов для электронно-микроскопического анализа. Работать с вакуумными установками ВУП-4 и ВУП-4. Работать с электронным микроскопом ЭМ-125</p> <p>Владеть:</p> <p>Методиками подготовки объектов для металлографического и электронно-микроскопического анализа. Владеть инструментальными методами исследования структуры металлов и сплавов.</p>
ПК-5.	Способен проводить работу по изучению научно-технической	ПК-5.1. Организует сбор и изучение научно-технической	Владеть: технологиями

	<p>обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.</p>	<p>информации по теме исследований и разработок.</p> <p>ПК-5.2. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений в соответствующей области знаний.</p>	<p>проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций;</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования.
ПК-6.	<p>Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований</p>	<p>ПК-6.1. Обладает мотивацией к проектной деятельности, обладает способностями, необходимыми для самообразования и профессионального роста.</p> <p>ПК-6.2. Обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программы.</p> <p>ПК-6.3. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений.</p> <p>ПК-6.4. Знает принципы организации работы в коллективе проектировщиков.</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> технологиями проектирования и организации образовательной среды; технологией решения физических задач и анализа ситуаций; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> осуществлять теоретическое моделирование физических процессов и явлений; выявлять и анализировать качественные и количественные характеристики физических объектов; <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> сущность и значение изучаемой дисциплины; объект, предмет, основные функции, методы, категории; современные теории воспитания и обучения; сущность модернизации российской системы образования

2. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» используются различные образовательные технологии:

- при чтении лекций используются мультимедийные технологии и различные наглядные приборы;
- практические занятия проводятся с использованием наглядных приборов, компьютерных классов (компьютерное моделирование);
- самостоятельная работа студентов предусматривает работу под руководством преподавателей в виде консультаций, а также предполагает использование фондов научно-технической библиотеки, современных информационных технологий с привлечением компьютера как средства управления информацией.

Широко используются в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов

3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов»

По дисциплине «Методы исследований полупроводниковых материалов» проводятся два вида занятий: лекции, практические занятия. На лекциях излагается в основном теоретический материал, на практических занятиях кратко разбирается теория и решаются задачи.

На лекциях следует записывать основные утверждения и формулы, пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины, а все рассуждения и пояснения лектора нужно внимательно слушать и постараться запомнить. Конспект лекций следует дополнить в соответствии с «Вопросами к экзамену» самостоятельно, пользуясь учебным пособием.

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 практическом занятии. Усвоению большого количества явлений и описывающих их величин и законов способствует одинаковый подход к их рассмотрению.

На **практических занятиях** студенты под руководством преподавателя решают задачи по наиболее важным темам курса. Для выполнения учебного плана студент самостоятельно должен решить определенное количество типовых задач в соответствии со своим вариантом домашнего задания. Для самостоятельного решения задач прежде, чем приступить к решению задач, нужно изучить (повторить) теоретический материал по теме задачи, разобрать примеры решения задач на эту тему. Практические занятия ориентированы на изучение наиболее важных физических явлений, приобретение элементарных навыков экспериментирования, овладение техникой измерений и грамотную обработку результатов измерений.

Критерии оценивания устного дифференциального зачета

Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Критерии оценивания:

- 1) полноту и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Оценка «5» ставится, если:

- 1) студент полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий;

2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные;

3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Оценка «4» – студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

Оценка «3» – студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «2» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ КОНТРОЛЮ.

Устный опрос

Цель устного опроса – оценить знания и кругозор обучающегося по дисциплине, умение логически построить ответ, грамотность речи, уровень развития пространственного мышления. Обучающая функция устного опроса состоит в выявлении вопросов, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий, при подготовке к зачету, и определении способов коррекции «пробелов» в знаниях и умениях обучающихся.

Опрос проводится фронтально или индивидуально с целью проверки отдельных знаний обучающихся. При устном опросе студенты дают развернутые ответы на поставленные вопросы.

Вопросы по разделу Полупроводниковые материалы

1. Перечислите основные характеристики полупроводниковых материалов.
2. Как получить полупроводник с p или n проводимостью?
3. Какие материалы используются в качестве простых полупроводников?
4. Какие материалы используются в качестве сложных полупроводников?

Критерии оценки устного опроса:

Оценка «5» (отлично) – ответ полный и правильный на все вопросы на основании ранее изученных знаний; материал изложен в определенной логической последовательности технически грамотным языком;

Оценка «4» (хорошо) – ответ полный и правильный на все вопросы на основании ранее изученных знаний; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены 2–3 несущественные ошибки;

Оценка «3» (удовлетворительно) – ответы на вопросы даны не в полном объеме, материал изложен несвязно, при этом допущены существенные ошибки;

Оценка «2» (неудовлетворительно) – при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала или отсутствует ответ.

Письменный опрос

Условия выполнения письменного опроса: письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Письменные работы могут включать: диктанты, тесты, решение задач, отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям. Обучающимся раздаются заранее подготовленные вопросы и задачи (карточки), на которые они дают письменные ответы.

Письменный опрос позволяет на одном уроке оценивать знания всех обучающихся.

Вопросы по разделу Полупроводниковые материалы

1. Полупроводники отличаются от проводников по характеру зависимости...
2. Измерения показывают, что у кремния, германия и других элементов и их сплавов удельное сопротивление с повышением температуры...
3. По мере повышения температуры тела, разорванных парноэлектронных связей...
4. Это приводит к ...
5. При разрыве связи образуется...
6. Таким образом, в полупроводниках имеются носители зарядов...
7. Поэтому полупроводники обладают...
8. Собственной проводимостью полупроводников называют...
9. Она во многом сходна с проводимостью..., т.к....
10. При наличии примесей в полупроводниках возникает...
11. Донорными называют примеси...
12. Акцепторными называют примеси...
13. Полупроводниками n-типа называют...
14. Полупроводниками p-типа называют...

Критерии оценки письменного опроса:

Оценка «5» (отлично) – на все вопросы даны полные и правильные ответы на основании ранее полученных знаний и умений, материал изложен в определенной логической последовательности, технически грамотным языком;

Оценка «4» (хорошо) – на все вопросы даны полные и правильные ответы материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три не существенные ошибки;

Оценка «3» (удовлетворительно) – ответы на вопросы даны не в полном объеме, материал изложен несвязно, при этом допущены существенные ошибки;

Оценка «2» (неудовлетворительно) – при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала или отсутствует ответ.

Практическая работа

Работа со справочником. Изучение раздела «Полупроводниковые диоды»

Цели работы Научиться работать с полупроводниковыми приборами, определять их маркировку по справочным данным, производить простейшие расчёты с помощью графиков

Теоретическая часть

Система условных обозначений современных типов диодов установлена отраслевым Стандартом ОСТ 11336.919-81. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.

Первый элемент обозначен исходный полупроводниковый материалы, из которого изготовлен диод. Используются буквы или цифры:

Г или 1 – для германия или его соединений;

К или 2 – для кремния или его соединений;

А или 3 – для соединений галлия;

И или 4 – для соединений индия.

Второй элемент – буква, определяющая подкласс (или группу) прибора.

Д – для диодов выпрямительных, импульсных, магнитодиодов, термодиодов;

Ц – выпрямительные столбы и блоки;

А – диоды СВЧ;

В – варикапы;

И – туннельные и обращенные диоды;

Н – диодные тиристоры;
У – триодные тиристоры;
Л – излучатели (светодиоды);
Г – генераторы шума;
Б – диоды Ганна;
К – стабилизаторы тока;
С – стабилитроны и стабисторы.

Третий элемент – состоит из трех цифр, обозначающих назначение и качественные свойства приборов, а также порядковый номер разработки.

Четвертый элемент (буква) обозначает классификацию диода внутри технологического типа по одному или нескольким электрическим параметрам.

Вопросы к зачету

33. Методы измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур.
34. Двухзондовый метод измерения.
35. Четырехзондовый метод измерения.
36. Метод Ван-дер-Пау.
37. Бесконтактные методы измерения.
38. Методы измерения концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниках с помощью эффекта Холла, вольт-фарадных характеристик, по спектрам поглощения и отражения.
39. Измерение характеристик параметров неравновесных носителей заряда.
40. Методы измерения дрейфовой подвижности, коэффициента диффузии и диффузионной длины неосновных носителей заряда.
41. Измерение времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда.
42. Применение электронной микроскопии для изучения структурного совершенства полупроводниковых материалов.
43. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).
44. Полевая эмиссионная и ионная микроскопия.
45. Отражательная электронная микроскопия.
46. Микроскопия медленных электронов.
47. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).
48. Принципы работы СЭМ.
49. Формирование и обработка СЭМ изображений.
50. Основные методы СЭМ. Контроль рельефа поверхности (и др. параметров) структур электроники методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).
51. Контроль состава, содержания примесей и загрязнений в полупроводниковых материалах и структурах с помощью спектроскопических методов.
52. Электронная оже-спектроскопия (ЭОС).
53. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС): рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС).
54. Зондирования ионами. Спектроскопия рассеяния медленных ионов.
55. Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий.
56. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
57. Дифракционные методы анализа кристаллической структуры твердых тел.
58. Дифракция быстрых (ДБЭ) и медленных (ДМЭ) электронов.
59. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов и тонких монокристаллических пленок.

60. Дифракционные методы оценки совершенства кристаллической структуры твердых тел.
61. Дифракционные методы оценки структуры поверхности монокристаллов.
62. Физические принципы эллипсометрии.
63. Определение толщины и оптических свойств эпитаксиальных слоев методами эллипсометрии.
64. Рамановская спектроскопия и ИК-Фурье спектроскопия.

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

(Описывается организация каждого вида самостоятельной работы студентов, используемого при изучении данной дисциплины).

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление

Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным занятиям:
 - чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
 - составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
 - работа с конспектом лекции;
 - подготовка вопросов для самостоятельного изучения
2. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям:
 - работа со справочниками и др. литературой;
 - заполнение рабочей тетради;
 - подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на практическом занятии;
3. Подготовка к промежуточной аттестации:
 - повторение всего учебного материала дисциплины
 - аналитическая обработка текста;
4. Прочие виды работ:
научно-исследовательская работа (научная статья, доклад, реферат).

Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Методы исследований полупроводниковых материалов»

Учебная литература

Основная литература

1. Федорович параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
2. Павлов измерения параметров полупроводниковых материалов: Учеб. для вузов по спец. «Полупроводниковые и микроэлектронные приборы». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВШ, 1987. – 239 с.
3. Миронов сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособ. для студентов старших курсов высших учебных заведений. – Н. Новгород: ИФМ РАН, 2004. – 110 с.
4. Введение в физику поверхности. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
5. Нанотехнологии. – М. Техносфера, 2005. – 336 с.

Дополнительная литература:

1. Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989. – 564 с.
2. В. Стриха исследования полупроводников. – К.: Выцашк. Головное издательство, 1988. – 232 с.
3. Основы анализа поверхности и тонких плёнок: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
4. Щука. – М. Физматкнига, 2007. – 464 с.
5. Щука. – 2-е изд., перераб. и доп. – С.-П.: БХВ-Петербург, 2008 г. – 752 с.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.bruker.com/ru/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/single-crystal-x-ray-diffraction.html>
2. <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=689837>
3. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2309ФОТОЭЛЕКТОННАЯ

Рабочая программа дисциплины «Методы исследований полупроводниковых материалов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 г. № 891.

Программу составил: доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой

