

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:00

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники

Закреплена за подразделением Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 93

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 9

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

доц., Милович Филипп Олегович

Рабочая программа

Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 21.06.2023 г., №12-22/23

Руководитель подразделения Оганов Артем Ромаевич, д.ф.-м.н., профессор

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Сформировать компетенции в соответствии с требованиями учебного плана, а также научить основам современных дифракционных и микроскопических методов исследования материалов, пониманию возможностей этих методов, их точности, чувствительности, локальности и применимости с целью изучения связи между составом, структурой и свойствами и контроля качества материалов электронной техники, технологических процессов их производства.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.29
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.2	Композиционные материалы	
2.1.3	Конструирование композиционных материалов	
2.1.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.6	Специальные сплавы	
2.1.7	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.8	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.9	Атомное строение фаз	
2.1.10	Биохимия наноматериалов	
2.1.11	Инженерия поверхности	
2.1.12	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.13	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.14	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.15	Наноматериалы	
2.1.16	Сверхтвердые материалы	
2.1.17	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.1.18	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.19	Физика магнитных явлений	
2.1.20	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.21	Физика прочности	
2.1.22	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.23	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.24	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.25	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.26	Материаловедение	
2.1.27	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.28	Металловедение инновационных материалов	
2.1.29	Методы исследования материалов	
2.1.30	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.31	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.32	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.33	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.34	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.35	Разработка новых материалов	
2.1.36	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.37	Физика диэлектриков	
2.1.38	Физика полупроводников	
2.1.39	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.40	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.41	Компьютеризация эксперимента	
2.1.42	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.43	Материалы наукоемких технологий	
2.1.44	Основы дизайна металлических материалов	

2.1.45	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.46	Планирование научного эксперимента
2.1.47	Современные проблемы материаловедения
2.1.48	Теория поверхностных явлений
2.1.49	Теория симметрии
2.1.50	Электроника
2.1.51	Кристаллография
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Биоорганическая химия
2.2.2	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.3	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.4	Квантовая теория твердого тела
2.2.5	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.6	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.7	Методы непараметрической статистики
2.2.8	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.9	Объемные наноматериалы
2.2.10	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.11	Структура и технологичность сплавов
2.2.12	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.13	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.14	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.15	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.18	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.19	Менеджмент качества
2.2.20	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.21	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.22	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.23	Методология научных исследований
2.2.24	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.25	Основы клеточной биологии
2.2.26	Оформление результатов научной деятельности
2.2.27	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.28	Симметрия наносистем
2.2.29	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.30	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.31	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.32	Управление коллективами
2.2.33	Управление проектами
2.2.34	Химические основы биологических процессов
2.2.35	Цифровое материаловедение
2.2.36	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.38	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.39	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.40	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.41	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.42	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.43	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.44	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Знать:

ПК-1-32 - методы структурного исследования в конкретных задачах анализа строения материалов и приборных структур микро- и наноэлектроники

- основные классы современных материалов, их свойства и области применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки материалов, особенности этапов жизненного цикла материалов и изделий из них;

- закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов

ПК-1-31 - принципы формирования контраста в просвечивающей и растровой электронной микроскопии

- основные методы исследования материалов в различных состояниях и тенденции развития дифракционных методов экспериментальных исследований

- особенности дифракции рентгеновских лучей и электронов

- методы структурного исследования в конкретных задачах анализа строения материалов и приборных структур микро- и наноэлектроники

Уметь:

ПК-1-У2 - использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики, физики, химии и экологии в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний;

- применять методы электронной дифракционной микроскопии для анализа дефектной структуры монокристаллов

- применять расчеты и индиферирование электронограмм для идентификации фаз при фазовом анализе

ПК-1-У1 - анализировать основные закономерности структурных исследований

- применять полученные знания для решения материаловедческих задач и физических задач профессиональной деятельности при выполнении комплексных междисциплинарных исследований

- формировать и аргументировать собственные суждения и научную позицию, научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности

Владеть:

ПК-1-В3 - навыками применения полученных знаний для обоснованного выбора метода анализа фазового и элементного состава, а также структуры и превращений материалов; в том числе определять структуру, фазовый состав и текстуру сталей и сплавов после различных видов термической и механической обработки

- навыками применения методов планирования и проведения измерительных экспериментов, выбора и использования методов обработки экспериментальных данных и оценки результатов экспериментов;

- навыками сопоставления результатов исследований различными методами и опыт оценки полученных результатов;

ПК-1-В2 - навыки использования современных информационных технологий и средств телекоммуникаций, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской, расчетно-аналитической, проектно-технологической деятельности

ПК-1-В1 - математическим аппаратом и навыками использования современных подходов и методов физики, химии и экологии к описанию, анализу, теоретическому и экспериментальному исследованию и моделированию физических и химических систем, явлений и процессов в объеме, необходимом для освоения наук о материалах электронной техники

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Просвечивающая электронная микроскопия							
1.1	Принципиальная оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ и основные режимы работы прибора. Разрешающая способность ПЭМ. /Пр/	9	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6

1.2	Типы контрастов в ПЭМ (контраст на аморфных и кристаллических материалах: амплитудный и фазовый контраст). Прямое изображение кристаллической решетки. /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6
1.3	Основы динамической теории рассеяния /Пр/	9	1	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6
1.4	Приготовление объектов и их просмотр в ПЭМ. /Лаб/	9	5	ПК-1-В3 ПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
1.5	Расчет электронограммы поликристалла. Расчет электронограммы монокристалла. /Лаб/	9	3	ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р5,Р6,Р4
1.6	Определение толщины фольги. /Лаб/	9	2	ПК-1-У2 ПК-1-В3	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
1.7	Анализ плотности дислокаций по электронно-микроскопическому изображению. /Лаб/	9	2	ПК-1-32 ПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
1.8	Основы кинематической теории дифракционного контраста. Контраст в изображении совершенного кристалла. Контраст на кристаллах с дефектами. Наблюдение дефектов упаковки и границ зерен. Контраст в изображении гетерогенных структур: деформационный матричный контраст, экстинкционный контраст. Контраст в изображении гетерогенных структур: ориентационный контраст, контраст типа полос смещения, контраст типа муара, абсорбционный контраст. /Пр/	9	4	ПК-1-32 ПК-1-В1 ПК-1-В3	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э2		КМ1	Р1
1.9	Возможности современных микроскопов. Знакомство с устройством и работой ПЭМ. /Пр/	9	2	ПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р7,Р6
1.10	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Подготовка к защите лабораторных работ по разделу "ПЭМ" /Ср/	9	24	ПК-1-32 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3Л2.2Л3. 1 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
1.11	Подготовка к контрольной работе 1 по теме "ПЭМ" /Ср/	9	19	ПК-1-32 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2 Э3		КМ1	Р1

1.12	Выполнение домашнего задания "Просвечивающая электронная микроскопия, построение точечных электронограмм, идентификация фазового состава." /Ср/	9	20	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2		КМ1	Р1
1.13	Контрольная работа 1 - (Просвечивающая электронная микроскопия спектроскопические методы используемые совместно с ПЭМ) /Пр/	9	1	ПК-1-У1 ПК-1-32 ПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2 Э3		КМ1,КМ3	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
1.14	Типы контрастов в ПЭМ (контраст на аморфных и кристаллических материалах: амплитудный и фазовый контраст). Прямое изображение кристаллической решетки. /Лек/	9	2	ПК-1-32 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	Р1
1.15	Принципиальная оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ и основные режимы работы прибора. Разрешающая способность ПЭМ. /Лек/	9	2	ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р7,Р6
1.16	Основы кинематической теории дифракционного контраста. Контраст в изображении совершенного кристалла. Контраст на кристаллах с дефектами. Наблюдение дефектов упаковки и границ зерен. Контраст в изображении гетерогенных структур: деформационный матричный контраст, экстинкционный контраст. Контраст в изображении гетерогенных структур: ориентационный контраст, контраст типа полос смещения, контраст типа муара, абсорбционный контраст. /Лек/	9	2	ПК-1-32 ПК-1-У2 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э2 Э3		КМ1	Р1
1.17	Основы динамической теории рассеяния /Лек/	9	2	ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
1.18	Приготовление объектов для исследования в ПЭМ. /Лек/	9	3	ПК-1-В1 ПК-1-32 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э3		КМ1	Р1,Р3,Р4,Р5,Р6,Р7
	Раздел 2. Сканирующая электронная микроскопия							

2.1	Принцип растровой (сканирующей) микроскопии. Принципиальная оптическая схема растрового микроскопа (РЭМ). Получение изображения. /Пр/	9	2	ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р8,Р2
2.2	Виды контраста в РЭМ: контраст во вторичных электронах (топография поверхности), в обратно рассеянных («отраженных») электронах (неоднородность элементного состава), в характеристическом рентгеновском излучении (распределение химических элементов). Разрешение РЭМ в различных ответных сигналах /Пр/	9	2	ПК-1-32 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р8,Р2
2.3	Анализ элементного состава материала в микрообъеме с помощью электронно-спектроскопических методов. Рентгеноспектральный микроанализ, качественный и количественный анализ. /Лаб/	9	3	ПК-1-32 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.4	Приготовление объектов и их просмотр в РЭМ. /Лаб/	9	2	ПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.5	Знакомство с устройством и работой РЭМ. Знакомство с устройством и работой РЭМ - микроанализатора /Пр/	9	1	ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.6	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Подготовка к защите лабораторных работ по разделу "РЭМ" /Ср/	9	12	ПК-1-В1 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.7	Выполнение домашнего задания "Растровая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ" /Ср/	9	10	ПК-1-У2 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.8	Подготовка к контрольной работе 2 по теме РЭМ /Ср/	9	8	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.9	Контрольная работа 2 - (сканирующая электронная микроскопия) /Лек/	9	2	ПК-1-У1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2,КМ3	Р2,Р8

2.10	Принцип растровой (сканирующей) микроскопии. Принципиальная оптическая схема растрового микроскопа (РЭМ). Получение изображения. /Лек/	9	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8
2.11	Виды контраста в РЭМ: контраст во вторичных электронах (топография поверхности), в обратно рассеянных («отраженных») электронах (неоднородность элементного состава), в характеристическом рентгеновском излучении (распределение химических элементов). Разрешение РЭМ в различных ответных сигнала /Лек/	9	2	ПК-1-В1 ПК-1-У2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 1 Э3		КМ2	Р2,Р8

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1 - (Просвечивающая электронная микроскопия спектроскопические методы используемые совместно с ПЭМ)	ПК-1-31;ПК-1-32	<ul style="list-style-type: none"> - Взаимодействие электронного излучения с веществом. - Рассеяние электроном, атомом, кристаллом. - Обратная решетка. Обратное пространство. (Задача: По нулевой плоской сетки обратной решетки кубического кристалла определить индексы узлов, индексы оси зоны) - Уравнения Лауэ и Вульф-Брегга. - Фазовый анализ с помощью ПЭМ. Факторы, определяющие чувствительность. (Определение вещества по электронограмме поликристалла). - Анализ дефектов. (Определение плотности и характера распределения дислокаций по изображения ПЭМ). - Основные характеристики ПЭМ. - Образцы для исследования в ПЭМ. - Основные режимы работы ПЭМ. - Основные задачи, решаемые просвечивающей электронной микроскопией. - Сравнительная характеристика рентгеновской и электронной дифракции. - Микрорентгеноспектральный анализ. - Спектроскопический метод характеристической потери энергии электронов. - Дифракция обратно рассеянных электронов. - Темнопольный высокоугловой детектор.

КМ2	Контрольная работа 2 - (сканирующая электронная микроскопия)	ПК-1-32;ПК-1-У1	<ul style="list-style-type: none"> - Основные характеристики РЭМ. - Образцы для исследования в РЭМ. - Основные режимы работы РЭМ. - Основные задачи, решаемые растровой электронной микроскопией. - Сравнительная характеристика рентгеновской и электронной дифракции. - Микрорентгеноспектральный анализ. - Волнодисперсионный анализ. - Спектроскопический метод характеристической потери энергии электронов. - Дифракция обратно рассеянных электронов. - Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия. - Темнопольный высокоугловой детектор.
КМ3	Экзамен	ПК-1-В3;ПК-1-В2;ПК-1-У2;ПК-1-В1	<ul style="list-style-type: none"> - Взаимодействие электронного излучения с веществом. - Рассеяние электроном, атомом, кристаллом. - Обратная решетка. Обратное пространство. (Задача: По нулевой плоской сетки обратной решетки кубического кристалла определить индексы узлов, индексы оси зоны) - Уравнения Лауэ и Вульф-Брегга. - Фазовый анализ с помощью ПЭМ. Факторы, определяющие чувствительность. (Определение вещества по электронограмме поликристалла). - Анализ дефектов. (Определение плотности и характера распределения дислокаций по изображения ПЭМ). - Основные характеристики ПЭМ. - Образцы для исследования в ПЭМ. - Основные режимы работы ПЭМ. - Основные задачи, решаемые просвечивающей электронной микроскопией. - Сравнительная характеристика рентгеновской и электронной дифракции. - Микрорентгеноспектральный анализ. - Спектроскопический метод характеристической потери энергии электронов. - Дифракция обратно рассеянных электронов. - Темнопольный высокоугловой детектор. - Взаимодействие электронного излучения с веществом. - Основные характеристики РЭМ. - Образцы для исследования в РЭМ. - Основные режимы работы РЭМ. - Основные задачи, решаемые растровой электронной микроскопией. - Сравнительная характеристика рентгеновской и электронной дифракции. - Микрорентгеноспектральный анализ. - Волнодисперсионный анализ. - Спектроскопический метод характеристической потери энергии электронов. - Дифракция обратно рассеянных электронов. - Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия. - Темнопольный высокоугловой детектор.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашняя работа (ПЭМ)	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	Просвечивающая электронная микроскопия, построение точечных электронограмм, идентификация фазового состава.
P2	Домашняя работа (РЭМ)	ПК-1-32;ПК-1-В3;ПК-1-В2;ПК-1-В1	Растровая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ.
P3	Лабораторная работа № 1	ПК-1-У1	Приготовление объектов и их просмотр в ПЭМ.

P4	Лабораторная работа № 2	ПК-1-У2	Расчет электронограммы поликристалла. Расчет электронограммы монокристалла
P5	Лабораторная работа № 3	ПК-1-В1	Определение толщины фольги.
P6	Лабораторная работа № 4	ПК-1-В2	Анализ плотности дислокаций по электронно-микроскопическому изображению
P7	Лабораторная работа № 5	ПК-1-В3	Анализ элементного состава материала в микрообъеме с помощью электронно-спектроскопических методов. Рентгеноспектральный микроанализ, качественный и количественный анализ
P8	Лабораторная работа № 6	ПК-1-В1	Приготовление объектов и их просмотр в РЭМ

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационные билеты хранятся на кафедре. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов: два теоретических вопроса и одна задача. Теоретические вопросы из разных разделов.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Обучающийся должен выполнить все практические и самостоятельные работы, указанные в данном разделе.

Шкала оценивания знаний обучающихся:

Оценка «отлично»

– обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо»

– обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно»

– обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно»

– обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные или некорректные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Домкин К. И.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.2	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.3	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Методы исследования структуры полупроводников и металлов: учеб. пособие для вузов по спец.-Технология спец. материалов электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1978

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Векилова Галина Владимировна, Иванов А. Н., Ягодкин Юрий Дмитриевич	Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1994

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Сборник задач и упражнений по курсу 'Методы исследования структуры': Учеб. пособие для вузов по спец. 'Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники', 'Микроэлектроника и полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1988

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1		https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_05-en.html
Э2		http://crystallmaker.com/singlecrystal/video-tutorials/index.html
Э3		https://p1.misis.ru:5019/RPD/Index/1685435/%20http://www.fiz-karlsruhe.de/icsd.html

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	PhotoShop
П.3	Origin 2022

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-405	Учебная аудитория	микроскоп оптический Метам Р-1 с блоком питания (5 шт.), микроскоп оптический ММУ-3 с блоком питания, микротвердомер ПМТ-3, металлографический микроскоп МИР-12, образцы рентгеновских трубок и рентгеновских камер (3 шт.), набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, ПК, пакет лицензионных программ MS Office, экран проекционный, комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса материалы большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Большую часть вопросов, возникающих в процессе самостоятельной подготовки, рекомендуется выносить для обсуждения на практических занятиях.

Обучение проводится в два семестра и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- контрольных работ,
- домашних заданий.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий.

Контрольные работы оцениваются по пятибалльной системе, домашние задания по двухбалльной.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения лабораторных работ, практических занятий и контрольных работ, график выдачи и сдачи домашних заданий.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются еженедельные консультации преподавателей.