

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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 исследования структур и материалов. Часть 2

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

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Табачкова Наталия Юрьевна*

Рабочая программа

**Методы исследования структур и материалов. Часть 2**

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 А.Р.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Научить основам современных физических структурных методов исследования атомного строения материалов и основам структурных методов контроля технологии получения материалов и структур электроники.
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.20
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Атомное строение фаз	
2.1.2	Биохимия наноматериалов	
2.1.3	Инженерия поверхности	
2.1.4	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.5	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.6	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.7	Наноматериалы	
2.1.8	Сверхтвердые материалы	
2.1.9	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.1.10	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.11	Физика магнитных явлений	
2.1.12	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.13	Физика прочности	
2.1.14	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.15	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.16	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.17	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.18	Материаловедение	
2.1.19	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.20	Металловедение инновационных материалов	
2.1.21	Методы исследования материалов	
2.1.22	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.23	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.24	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.25	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.26	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.27	Разработка новых материалов	
2.1.28	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.29	Физика диэлектриков	
2.1.30	Физика полупроводников	
2.1.31	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.32	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.33	Компьютеризация эксперимента	
2.1.34	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.35	Материалы наукоемких технологий	
2.1.36	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.37	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.38	Планирование научного эксперимента	
2.1.39	Современные проблемы материаловедения	
2.1.40	Теория поверхностных явлений	
2.1.41	Теория симметрии	
2.1.42	Электроника	
2.1.43	Кристаллография	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	

2.2.2	Биофизика
2.2.3	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.4	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.5	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.6	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.7	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.8	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.9	Основы научно-технического перевода
2.2.10	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.11	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.12	Технология получения кристаллов
2.2.13	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.14	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.15	Функциональные наноматериалы
2.2.16	Химия и технология полимерных материалов
2.2.17	Биоорганическая химия
2.2.18	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.19	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.20	Квантовая теория твердого тела
2.2.21	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.22	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.23	Методы непараметрической статистики
2.2.24	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.25	Объемные наноматериалы
2.2.26	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.27	Структура и технологичность сплавов
2.2.28	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.29	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.30	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.31	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.32	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.33	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.34	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.35	Менеджмент качества
2.2.36	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.37	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.38	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.39	Методология научных исследований
2.2.40	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.41	Основы клеточной биологии
2.2.42	Оформление результатов научной деятельности
2.2.43	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.44	Симметрия наносистем
2.2.45	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.46	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.47	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.48	Управление коллективами
2.2.49	Управление проектами
2.2.50	Химические основы биологических процессов
2.2.51	Цифровое материаловедение
2.2.52	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.53	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.54	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

2.2.55	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.56	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.57	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.58	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.59	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.60	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 - чувствительность и точность указанных методов

ПК-1-31 - теоретические основы методов в объеме достаточном для формулирования задач и анализа результатов

**Уметь:**

ПК-1-У3 - описывать изображение структур полученных методом просвечивающей электронной микроскопии.

ПК-1-У2 - описывать микроструктуры на основе металлографического анализа;

ПК-1-У1 - осуществлять расчеты электронограмм и их анализ;

**Владеть:**

ПК-1-В3 - навыками расчета профилей изображений на картинах, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии.

ПК-1-В2 - навыками расчета и анализа электронограмм;

ПК-1-В1 - навыками анализа изображений полученных с помощью рентгеновских топограмм, оптического микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа;

### 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
	<b>Раздел 1. Рентгеновская дифракционная микроскопия (РДМ)</b>							
1.1	Основные положения динамической теории рассеяния. Волновые поля в кристаллах. /Лек/	8	2	ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.2	Учет граничных условий. Описание поглощения в динамической теории. Отражение по Лауэ и Брэггу. /Лек/	8	3	ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.3	Получение изображения кристаллов рентгенодифракционным методом. Изучение структуры кристаллов. Проекционные особенности методов РДМ. /Лек/	8	3	ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		

1.4	Контраст на топограммах, обусловленный дефектами. Примеры изучения дефектов методами РДМ в монокристаллах и приборных структурах. /Лек/	8	3	ПК-1-31 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.5	Подбор оптики в металлографическом микроскопе для разрешения определенных деталей структуры. /Пр/	8	3	ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2	нет		
1.6	Оценка линейного разрешения на топограммах. /Пр/	8	3	ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2	нет		
1.7	Оценка ширины изображения дислокаций на проекционных топограммах. Определение Вектора Бургера для дислокаций. /Пр/	8	3	ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2	нет		
1.8	Изучение металлографического микроскопа, часть 1. /Лаб/	8	2	ПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1	нет		
1.9	Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение разориентировки субзерен и типа малоугловой границы. Часть 1. /Лаб/	8	2	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1	нет		
1.10	Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение вектора Бюргера для винтовых дислокаций. Часть 1. /Лаб/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1	нет		
1.11	Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания. /Ср/	8	50	ПК-1-У3 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2	нет		
1.12	Дисперсионное пространство и геометрия дифракции. /Лек/	8	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1	нет		
1.13	Изучение металлографического микроскопа, часть 2. /Лаб/	8	3	ПК-1-31 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1	нет		
1.14	Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение разориентировки субзерен и типа малоугловой границы. Часть2. /Лаб/	8	3	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1	нет	КМ1	Р2
1.15	Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение вектора Бюргера для винтовых дислокаций. Часть 2. /Лаб/	8	3	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2	нет	КМ1	Р3
	<b>Раздел 2. Электроннография и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)</b>							

2.1	Области эффективного применения электронографии. Длины волн электронов и амплитуды атомного рассеяния. Получение и расчет электронограмм. Электронограммы поликристаллов и текстур. /Лек/	8	3	ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.2	Электронограммы монокристаллов. Определение ориентировки монокристаллов и фазы монокристалла по его электронограмме. Особенности электронограмм монокристаллов. Электронография и ПЭМ. /Лек/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.3	Изучение поверхности с помощью электронной дифракции. Основные принципы работы микроскопов. Разрешающая способность, глубина резкости. Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Понятие о дифракционном и фазовом контрасте. Колонковое приближение в теории дифракционного контраста. /Лек/	8	3	ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.4	Дифракционный контраст кристаллов с дефектами. Примеры контрастов на дефектах: дислокации. Примеры контраста на двумерных дефектах и микровыделениях. /Лек/	8	3	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.5	Фазовый контраст. Муаровый узор. Его применение в изучение структуры. Примеры применения ПЭМ для изучения объектов электронной техники. Микроскопия высокого разрешения. Фазовый контраст. /Лек/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.6	Применение ПЭМ высокого разрешения в микроэлектронике и в изучение объектов нанотехнологии. Микрорентгеноспектральный анализ. Чувствительность и точность анализа элементного состава объектов микро- и нанотехнологии. /Лек/	8	3	ПК-1-32 ПК-1-У3 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		

2.7	Растровая электронная микроскопия и металлография. Виды изображений. Разрешающая способность. Основы количественной металлографии. Заключение. /Лек/	8	3	ПК-1-31 ПК-1-У2 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.8	Моделирование электронограмм поликристаллов. Расчет постоянной прибора. /Пр/	8	3	ПК-1-У1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.9	Моделирование электронограмм монокристаллов. Моделирование сечений обратной решетки кристаллов содержащих двойник. /Пр/	8	2	ПК-1-У1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.10	Построение амплитудно-фазовых диаграмм. /Пр/	8	3	ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.11	Знакомство с конструкцией и работой просвечивающего электронного микроскопа, часть 1. /Лаб/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.12	Подготовка образцов для исследований методом просвечивающей электронной микроскопии, часть 1. /Лаб/	8	3	ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.13	Получение и анализ изображений в ПЭМ на основе теории дифракционного и фазового контраста. Расчет электронограмм. Часть 1. /Лаб/	8	3	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.14	Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания. /Ср/	8	45	ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	нет		Р7
2.15	Знакомство с конструкцией и работой просвечивающего электронного микроскопа, часть 2. /Лаб/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет	КМ1	Р4
2.16	Подготовка образцов для исследований методом просвечивающей электронной микроскопии, часть 2. /Лаб/	8	3	ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет	КМ1	Р5
2.17	Получение и анализ изображений в ПЭМ на основе теории дифракционного и фазового контраста. Расчет электронограмм. Часть 2. /Лаб/	8	3	ПК-1-У3 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	нет	КМ1	Р6



<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Защита лабораторный работ		<p>Примеры вопросов к лабораторным работам:</p> <p>Лабораторная работа №1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Классификация рентгеновских трубок для структурного анализа и их стандартные обозначения?</li> <li>- Из какого материала изготавливают катод и анод трубок для структурного анализа?</li> <li>- Из какого материала должен быть сделан анод для получения характеристического излучения с длиной волны 0,154 нм?</li> <li>- Каково назначение рентгеновских аппаратов для структурного анализа?</li> <li>- Какие особенности имеют камеры для съемки монокристаллов?</li> </ul> <p>Лабораторная работа №2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Что понимают под субструктурой реальных кристаллов?</li> <li>- Какую информацию можно получить из анализа тонкой структуры интерференционных рефлексов?</li> <li>- Какие основные схемы съемки и типы рентгеновского излучения для определения размеров и разориентировки субзерен?</li> </ul> <p>Лабораторная работа №3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- В чем основные различия и возможности методов рентгеновской дифракционной топографии по лангу и по Борману, каким требованиям должны отвечать исследуемые образцы и излучение?</li> <li>- К анализу каких структурных состояний применимы динамическая и кинематическая теории интенсивности дифрагированного излучения?</li> <li>- Какие основные типы дислокаций в веществах с решеткой алмаза?</li> <li>- Как выглядят дислокации на топограммах, полученных разными методами?</li> <li>- Как сказывается на топограммах от кристаллов, содержащих дислокации, глубина залегания дислокаций и направлении линий дислокаций в образце?</li> </ul>

КМ2	Экзамен		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Волновые поля. Основное уравнение динамической теории. Одно и двухлучевое приближение. Блоховская волна в двухлучевом приближении. Структура волны. Эффект Бормана. Поток энергии двухволнового поля.</li> <li>2. Учет граничных условий отражение по Лауэ и Брэггу.</li> <li>3. Отражение по Лауэ. Угловая область отражения. Поток энергии. Маятниковое решение уравнений поля. Интегральный коэффициент отражения.</li> <li>4. Отражение по Брэггу. Угловая область отражения. Экстинкция, глубина проникновения волнового поля. Коэффициент отражения.</li> <li>5. Получение изображения кристаллов методом рентгеновской дифракционной микроскопии. Разрешающая способность методов РДМ: линейное и угловое разрешение. Изучение субструктуры кристаллов методом РДМ.</li> <li>6. Изучение локальных искажений решетки методами РДМ.</li> <li>7. Проекционные особенности методов РДМ в лауэвской геометрии: секционная и проекционная топография.</li> <li>8. Проекционные особенности методов РДМ в брэгговской геометрии: одно- и двухкристальная топография.</li> <li>9. Наблюдение доменных структур.</li> <li>10. Физические основы контраста на дефектах. Три вида изображений, их проявление для кристаллов с сильным и слабым поглощением.</li> <li>11. Ширина изображений дислокаций и определение вектора Бюргерса. Контраст на плосковолновых топограммах.</li> <li>12. Условия получения прямого разрешения.</li> <li>13. Электронография.</li> <li>14. Область наиболее эффективного применения электронографии.</li> <li>15. Расчет электронограмм.</li> <li>16. Электронограммы монокристаллов. Симметрия электронограмм. Определение ориентировки и фазы по точечным электронограммам. Установление ориентационных соотношений фаз по точечным электронограммам.</li> <li>17. Особенности точечных электронограмм: проявления фактора формы, электронограммы двойниковых структур, двойная дифракция, Кикучи-линии и их использование.</li> <li>18. Электронограммы от поверхности.</li> <li>19. Дифракция медленных электронов.</li> <li>20. Электронограммы пластинчатых текстур.</li> <li>21. Электронограммы поликристаллов.</li> <li>22. Электронная микроскопия.</li> <li>23. Основные узлы микроскопов и их назначение.</li> <li>24. Увеличение микроскопов и их разрешающая способность. Принцип Аббе.</li> <li>25. Два режима работы электронного микроскопа.</li> <li>26. Дифракционный и фазовый контраст. Колонковое приближение.</li> <li>27. Кинематическая теория дифракционного контраста на кристаллах с дефектами.</li> <li>28. Примеры контраста на различных дефектах: дислокации, выделения, дефекты упаковки. Возможности определения типа дислокационных петель и дефектов упаковки.</li> <li>29. Условия получения прямого изображения.</li> <li>30. Микрорентгеноспектральный анализ и растровая электронная микроскопия. Виды изображений.</li> </ol>
-----	---------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**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	Лабораторная работа №1		Изучение металлографического микроскопа.
P2	Лабораторная работа №2		Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение разориентировки субзерен и типа малоугловой границы.

P3	Лабораторная работа №3		Рентгеновская дифракционная микроскопия. Определение вектора Бюргера для винтовых дислокаций.
P4	Лабораторная работа №4		Знакомство с конструкцией и работой просвечивающего электронного микроскопа.
P5	Лабораторная работа №5		Подготовка образцов для исследований методом просвечивающей электронной микроскопии.
P6	Лабораторная работа №6		Получение и анализ изображений в ПЭМ на основе теории дифракционного и фазового контраста. Расчет электрограмм.
P7	Домашняя работа №1		Содержит 15 задач, охватывающих материал раздела 1 и 2

### 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 теоретический вопроса и одна задача. Теоретические вопросы из разных разделов.

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

Уровень освоения дисциплины складывается в результате ответов на экзамене и собеседовании.

"отлично" - если даны ответы на все вопросы в полном объеме;

"хорошо" - если даны ответы на все вопросы, но имеются некоторые неточности либо ответы даны не в полном объеме;

"удовлетворительно" - если даны ответы на все вопросы, но ответы являются неполными;

"неудовлетворительно" - более чем 50% ответов являются неполными либо неправильными.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	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
Л1.2	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	Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	Атомное строение фаз. Кристаллохимия твердых растворов и промежуточных фаз. Структура аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических материалов: курс лекций для студ. спец. - 'Физика металлов' и 'Наноматериалы'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.2	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

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	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	Программное обеспечение для анализа структуры кристаллических материалов.	<a href="http://crystallmaker.com">http://crystallmaker.com</a>
----	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
-----	------------------

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
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
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
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс 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 конспектировании лекций в конспект следует заносить всё, что рекомендует преподаватель. Изучение и отработка прослушанных лекций без промедления значительно экономит время и способствует лучшему усвоению материала. Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой.