

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

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 материалов и структур электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 7

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 7 (4.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | Неделя | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Лабораторные | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 68 | 68 | 68 | 68 |
| Контактная работа | 68 | 68 | 68 | 68 |
| Сам. работа | 76 | 76 | 76 | 76 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Жевнеров Евгений Владимирович

Рабочая программа

Методы исследования материалов и структур 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 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-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:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 14.06.2022 г., №13-21/22

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 |
|------------|---|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Материаловедение полупроводников и диэлектриков |
| 2.1.2 | Технология материалов электронной техники |
| 2.1.3 | Физика диэлектриков |
| 2.1.4 | Физика конденсированного состояния |
| 2.1.5 | Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники |
| 2.1.6 | Актуальные проблемы современной электроники, наноэлектроники и магнитоэлектроники |
| 2.1.7 | Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике |
| 2.1.8 | Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике |
| 2.1.9 | Статистическая физика |
| 2.1.10 | Физические свойства кристаллов |
| 2.1.11 | Электроника |
| 2.1.12 | Математическая статистика и анализ данных |
| 2.1.13 | Методы математической физики |
| 2.1.14 | Основы квантовой механики |
| 2.1.15 | Физика |
| 2.1.16 | Физическая химия |
| 2.1.17 | Электротехника |
| 2.1.18 | Математика |
| 2.1.19 | Органическая химия |
| 2.1.20 | Информатика |
| 2.1.21 | Химия |
| 2.1.22 | Аналитическая геометрия |
| 2.1.23 | Инженерная и компьютерная графика |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Вакуумная и плазменная электроника |
| 2.2.2 | Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике |
| 2.2.3 | Основы радиационной стойкости изделий электронной техники |
| 2.2.4 | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности |
| 2.2.5 | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности |
| 2.2.6 | Процессы вакуумной и плазменной электроники |
| 2.2.7 | Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики |
| 2.2.8 | Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом |
| 2.2.9 | Элементы и устройства магнитоэлектроники |
| 2.2.10 | Методы математического моделирования |
| 2.2.11 | Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур |
| 2.2.12 | Силовые полупроводниковые приборы |
| 2.2.13 | Современные методы диагностики и исследования наногетероструктур |
| 2.2.14 | Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций |
| 2.2.15 | Физика наноструктур |
| 2.2.16 | Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники |
| 2.2.17 | Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники |
| 2.2.18 | Микросхемотехника |
| 2.2.19 | Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии |
| 2.2.20 | Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций |
| 2.2.21 | Планирование научной деятельности |

| | |
|--------|--|
| 2.2.22 | Приборные структуры на некристаллических материалах |
| 2.2.23 | Приборные структуры на широкозонных полупроводниках |
| 2.2.24 | Приборы и устройства на основе наносистем |
| 2.2.25 | Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1 |
| 2.2.26 | Технология наногетероструктур |
| 2.2.27 | Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства |
| 2.2.28 | Проектирование и технология электронной компонентной базы |
| 2.2.29 | Радиационно-технологические процессы в электронике |
| 2.2.30 | Физика и техника магнитной записи |
| 2.2.31 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.32 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы |
| 2.2.33 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |
| 2.2.34 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Знать:

ОПК-2-31 - возможности основных структурных методов исследования строения материалов;

ОПК-2-32 - методы структурного исследования в конкретных задачах анализа строения материалов и приборных структур микро- и нанoeлектроники.

ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники

Знать:

ПК-2-31 - возможности основных структурных методов исследования строения материалов;

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

- области эффективного применения рентгеновской топографии, электронографии и микроскопии;

- чувствительность и точность указанных методов;

- теоретические основы методов в объеме достаточном для формулирования задач и анализа результатов.

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач

Знать:

УК-1-31 - возможности основных структурных методов исследования строения материалов;

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

- чувствительность и точность указанных методов;

- теоретические основы методов в объеме достаточном для формулирования задач и анализа результатов.

ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники

Уметь:

ПК-2-У1 - применять расчеты факторов интенсивности для проведения фазового анализа;

- применять расчеты и индифференцирование дифрактограмм для идентификации фаз при фазовом анализе;

- осуществлять ориентировку монокристаллов;

- описывать текстурные структуры на основе построения полюсных фигур;

- осуществлять анализ тонкой структуры зерен;

- применять методы рентгеновской дифракционной микроскопии для анализа дефектной структуры монокристаллов;

- осуществлять расчеты электронограмм и их анализ;

- описывать микроструктуры на основе металлографического анализа;

- описывать изображение структур полученных методом просвечивающей электронной микроскопии.

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области

Уметь:

| |
|---|
| ОПК-2-У1 - применять расчеты факторов интенсивности для проведения фазового анализа; - осуществлять ориентировку монокристаллов; - описывать текстуры на основе построения полюсных фигур; - применять методы рентгеновской дифракционной микроскопии для анализа дефектной структуры монокристаллов; - описывать изображение структур полученных методом просвечивающей электронной микроскопии. |
| УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач |
| Уметь: |
| УК-1-У1 - применять расчеты факторов интенсивности для проведения фазового анализа; - применять расчеты и индиферирование дифрактограмм для идентификации фаз при фазовом анализе; - осуществлять ориентировку монокристаллов; - описывать текстуры на основе построения полюсных фигур; - осуществлять анализ тонкой структуры зерен; - применять методы рентгеновской дифракционной микроскопии для анализа дефектной структуры монокристаллов; - осуществлять расчеты электронограмм и их анализ |
| ПК-2: Способность контролировать соблюдение режимов технологических операций, процессов производства изделий микроэлектроники |
| Владеть: |
| ПК-2-В1 - навыками расчетов дифрактограмм; - навыками использования баз данных структурных параметров кристаллов разных веществ; - навыками использования компьютерных программ анализа результатов структурных экспериментов; - навыками анализа изображений полученных с помощью рентгеновских топограмм, оптического микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа; - навыками расчета и анализа электронограмм; - навыками расчета профилей изображений на картинах, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии. |
| УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач |
| Владеть: |
| УК-1-В1 - навыками расчетов дифрактограмм; - навыками использования баз данных структурных параметров кристаллов разных веществ; - навыками использования компьютерных программ анализа результатов структурных экспериментов; - навыками анализа изображений полученных с помощью рентгеновских топограмм, оптического микроскопа и просвечивающего электронного микроскопа; - навыками расчета и анализа электронограмм; - навыками расчета профилей изображений на картинах, полученных методом просвечивающей электронной микроскопии. |
| ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области |
| Владеть: |
| ОПК-2-В1 - навыками расчетов дифрактограмм; |
| ОПК-2-В2 - навыками использования баз данных структурных параметров кристаллов разных веществ; - навыками использования компьютерных программ анализа результатов структурных экспериментов. |

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. Физические основы дифракционных методов изучения атомного строения вещества | | | | | | | |
| 1.1 | Введение. Роль структурных методов в материаловедении и технологии материалов. Основные понятия теории упругого рассеяния коротковолновых излучений. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2 Л1.1Л2.1 Л2.2 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|---|--|--------------------------------|--|--|--|
| 1.2 | Сложение когерентных волн. Амплитуда рассеяния как преобразование Фурье распределения рассеивающих центров. Обратная решетка. Амплитуда рассеяния кристаллом. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.3 | Уравнение Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда. Рассеяние кристаллом с базисом. Структурная амплитуда. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.4 | Рассеяние кристаллом конечных размеров. Форм-фактор. Построение Эвальда в этом случае. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.5 | Интегральная отражающая способность. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Закон ослабления. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.6 | Сечение рассеяния электрона, атома элементарной ячейки. Фактор Дебая-Валлера. Фактор ослабления. Спектры рентгеновских лучей. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.7 | Закономерности погасаний и пространственная группа кристаллов. Определение точечной группы кристаллов. /Лек/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 1.8 | Моделирование плоских сечений обратной решетки. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 1.9 | Физика рентгеновских лучей. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 1.10 | Уравнение Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 1.11 | Структурная амплитуда /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 1.12 | Расчет структурной амплитуды для решеток с разным базисом. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 1.13 | Расчет интегральных коэффициентов отражения. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|---|---|----|--|------------------------------------|--|-----|--|
| 1.14 | Контрольная работа № 1. /Пр/ | 7 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | КМ1 | |
| 1.15 | Аппаратура для рентгеновских исследований. /Лаб/ | 7 | 8 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 | | | |
| 1.16 | Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания №1. /Ср/ | 7 | 40 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| | Раздел 2. Основные приложения рентгеноструктурных исследований в материаловедении и технологии | | | | | | | |
| 2.1 | Метод Лауэ. Определение ориентировки кристаллов. /Лек/ | 7 | 2 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 2.2 | Поликристаллы, как объект структурного анализа. Рентгеновская дифрактометрия. /Лек/ | 7 | 2 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 2.3 | Измерение интенсивности рассеянного излучения моно- и поликристаллами. Определение структуры элементарной ячейки. /Лек/ | 7 | 2 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 2.4 | Качественный и количественный фазовый анализ. /Лек/ | 7 | 2 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 2.5 | Уточнение ориентировки монокристаллов. Анализ ориентировок в поликристаллах с помощью прямых полюсных фигур. Построение и анализ обратных полюсных фигур. Понятие о функции распределения ориентировок. /Лек/ | 7 | 2 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | | | |
| 2.6 | Метод Лауэ. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.7 | Дифрактометрия поликристаллов. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.8 | Определение структуры элементарной ячейки. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.9 | Прецизионные измерения периодов решетки. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |

| | | | | | | | | |
|------|--|---|----|--|------------------------------------|--|-----|--|
| 2.10 | Расчет нестехиометрии по данным значениям периода и плотности. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.11 | Индицирование дифрактограмм кристаллов кубической и тетрагональной сингоний. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.12 | Расчет относительной интенсивности отражений на дифрактограмме двухфазной смеси. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.13 | Моделирование прямых полюсных фигур при известных данных о плоскости, направлении прокатки и рас-сеянии текстуры. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.14 | Оценка физической причины уширения дифракционных максимумов. /Пр/ | 7 | 1 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |
| 2.15 | Контрольная работа № 2. /Пр/ | 7 | 1 | УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | КМ2 | |
| 2.16 | Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ. /Лаб/ | 7 | 8 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 | | | |
| 2.17 | Расчет и индицирование дифрактограмм поликристаллов. /Лаб/ | 7 | 10 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 | | | |
| 2.18 | Построение прямых полюсных фигур и их анализ. /Лаб/ | 7 | 8 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л1.1 Э1 | | | |
| 2.19 | Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания №2. /Ср/ | 7 | 36 | ОПК-2-У1 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 | | | |

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 | ОПК-2-31;ОПК-2-32;ОПК-2-У1 | Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Структурная амплитуда. Уравнение Вульфа-Брэгга. Сфера Лауэ. |
| КМ2 | Контрольная работа №2 | ОПК-2-В1;ОПК-2-В2;УК-1-31 | Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ. Расчет и индицирование дифрактограмм поликристаллов. Построение прямых полюсных фигур и их анализ. |

| | | | |
|-----|---------------------------|----------------------------------|---|
| КМ3 | Защита лабораторных работ | УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-2-31;ОПК-2-В2 | <p>Примеры вопросов к лабораторным работам:</p> <p>Лабораторная работа №1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Классификация рентгеновских трубок для структурного анализа и их стандартные обозначения? - Из какого материала изготавливают катод и анод трубок для структурного анализа? - Из какого материала должен быть сделан анод для получения характеристического излучения с длиной волны 0,154 нм? - Каково назначение рентгеновских аппаратов для структурного анализа? - Какие особенности имеют камеры для съемки монокристаллов? <p>Лабораторная работа №2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Какие задачи позволяет решить метод Лауэ? - Какой спектр рентгеновского излучения используется в методе Лауэ? - Почему дифракционным максимумам на лауэграмме не могут быть приспаны определенные индексы интерференции HKL? - Каковы закономерности в расположении пятен, отраженных от плоскостей одной зоны в зависимости от угла между осью зоны и направлением первичного рентгеновского луча? <p>Лабораторная работа №3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Чем вызвано погасание линий на дифрактограмме? - Как различить дифрактограммы снятые от веществ примитивной и объемноцентрированной решетками? - Можно ли по расположению линий на дифрактограмме определить от веществ с какой решеткой (ОЦК или ГЦК) снята дифрактограмма? - Какие линии дифрактограммы целесообразнее использовать для определения периода решетки? |
|-----|---------------------------|----------------------------------|---|

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 | ОПК-2-31;ОПК-2-32;УК-1-31 | Аппаратура для рентгеновских исследований. |
| P2 | Лабораторная работа №2 | ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-2-В2 | Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ. |
| P3 | Лабораторная работа №3 | ОПК-2-В2;УК-1-31;ПК-2-У1 | Расчет и индентирование дифрактограмм поликристаллов. |
| P4 | Лабораторная работа №4 | УК-1-У1;УК-1-В1 | Построение прямых полюсных фигур и их анализ. |
| P5 | Домашнее задание № 1 | ОПК-2-31;ОПК-2-В1;УК-1-31 | 10 задач по теме "Физические основы дифракционных методов изучения атомного строения вещества" |
| P6 | Домашнее задание № 2 | ОПК-2-31;ОПК-2-32;ПК-2-У1 | 10 задач по теме "Основные приложения рентгеноструктурных исследований в материаловедении и технологии " |

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

экзамен не предусмотрен

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

Оценка за зачет формируется как средняя оценка по контрольным работам, домашним работам и защите лабораторных работ.

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 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|----------------------------------|--|------------------|-----------------------|
| 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 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| | | |
|----|---|---|
| Э1 | Программное обеспечение для анализа структуры кристаллических материалов. | http://crystalmaker.com |
|----|---|---|

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|---|
| П.1 | Microsoft Office |
| П.2 | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr |
| П.3 | ESET NOD32 Antivirus |
| П.4 | ОС Linux (Ubuntu) / Windows |
| П.5 | Open Modelsphere |
| П.6 | ProCAST |
| П.7 | ИБТАН ТЕРМО |
| П.8 | Физическая химия |

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.