

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 19:47:23

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)

Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Магистр-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	40	40	40	40
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Табачкова Наталья Юрьевна; дфмн, профессор, Бублик Владимир Тимофеевич

Рабочая программа

Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, 22.04.01-ММТМ-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

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 теоретическим и экспериментальным основам дифракционных методов изучения неупорядоченных структур.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.2	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.3	Новые углеродные материалы	
2.1.4	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.1.5	Технология получения кристаллов	
2.1.6	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.2.2	Кристаллические компоненты акустоэлектроники	
2.2.3	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики	
2.2.4	Микросхемотехника	
2.2.5	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.2.6	Нелинейные кристаллы	
2.2.7	Оптические элементы лазерных систем. Часть 2	
2.2.8	Оптические явления в кристаллах. Часть 2	
2.2.9	Солнечная энергетика	
2.2.10	Методы исследования материалов	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Знать:
ПК-2-31 - дифракционный эксперимент по изучению надатомных структур методом малоуглового рассеяния;
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Знать:
ОПК-5-31 - знать и понимать основные понятия дифракции рентгеновских лучей;
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Знать:
ОПК-4-31 - знать и понимать возможности метода диффузного рассеяния.
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Уметь:
ПК-2-У1 - определять термодинамические характеристики твердых растворов на основе дифракционного эксперимента;
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Уметь:

ОПК-5-У1 - анализировать результаты изучения рассеяния жидкими и аморфными телами;
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Уметь:
ОПК-4-У1 - сформулировать задачу изучения неупорядоченных структур и проанализировать результаты дифракционного эксперимента.
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Владеть:
ПК-2-В1 -навыками самостоятельной работы с литературой для поиска информации об отдельных определениях, понятиях и терминах, объяснения их применения в практических ситуациях; решения теоретических и практических типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью;
ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
Владеть:
ОПК-5-В1 - навыками расчета интенсивности брегговских отражений в зависимости от коэффициентов дальнего порядка;
ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области
Владеть:
ОПК-4-В1 - навыками оценивать совокупность микродефектов в кристаллах на основе изучения диффузного рассеяния рентгеновских лучей.

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. Основы прикладного структурного анализа							
1.1	Рассеяние изотропными системами. Рассеяние газами. Методы усреднения при расчетах интенсивностей макроскопических размеров системами. Обратное пространство для систем с разной степенью упорядочения. /Лек/	2	3		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.2	Рассеяние средой со сферически симметричной функцией распределения атомов. Структурный фактор жидкости. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.3	Определение функции радиального распределения по экспериментальной картине рассеяния. /Пр/	2	6		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.4	Малоугловое рассеяние мелкодисперсными системами. Определение параметров дисперсных частиц. /Пр/	2	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			

1.5	Экспериментальное изучение малоуглового рассеяния. Методы расчета инвариантов по экспериментальным измерениям малоуглового рассеяния. /Пр/	2	6		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.6	Описание структуры твердых растворов. Коэффициенты дальнего и ближнего порядков. Связь интенсивности брегговских отражений с коэффициентами дальнего порядка. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.7	Связь интенсивности диффузного рассеяния с коэффициентами ближнего по-рядка. Статические смещения в твердых растворах и их связь со структурой раствора. Суперпозиционное приближение. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.8	Термодинамическая теория флуктуации концентрационных волн. Метод статических концентрационных волн в уравнениях самосогласованного поля. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.9	Определение термодинамических характеристик твердых растворов методом диффузного рассеяния рентгеновских лучей и электронов. /Пр/	2	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.10	Спинодальный распад и определение температуры спинодального распада. Учет дальнедействующих сил. Экспериментальное измерение термодинамических характеристик твердых растворов методом диффузного рассеяния /Пр/	2	8		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.11	Интенсивность рассеяния на изолированных дефектах в слабо искаженных кристаллах. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.12	Интенсивность рассеяния в окрестностях узлов обратной решетки и анализ симметрии дефектов и тензоров диполей сил. Изодиффузные поверхности. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.13	Диффузное рассеяние на микродефектах в монокристаллах. /Лек/	2	2		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			

1.14	Измерение диффузного рассеяния. Построение сечений изодиффузных поверхностей. /Пр/	2	6		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1			
1.15	Структурный фактор жидкости. Анализ интенсивности малоуглового рассеяния. /Лаб/	2	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
1.16	Анализ упорядочения в твердых растворах с дальним порядком. Ближний порядок в твердых растворах. Коэффициенты ближнего порядка. /Лаб/	2	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
1.17	Определение энергии смещения из дифрактометрического эксперимента. Расчет вклада упругой энергии в параметр взаимодействия. /Лаб/	2	4		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
1.18	Диффузное рассеяние микродефектами. Анализ симметрии изодиффузных кривых. /Лаб/	2	5		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
1.19	Выполнение домашнего задания. /Ср/	2	40		Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 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	Защита лабораторных работ		

КМ2	Экзамен	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основы кинематической теории рассеяния. Сложение когерентных волн. Суммарная амплитуда рассеянных волн как интеграл Фурье функции распределения рассеивающих центров. 2. Рассеяние рентгеновских лучей. Рассеяние свободным электроном. Формула Томпсона. Амплитуда атомного рассеяния: когерентная составляющая. Поправки на аномальную дисперсию. Интенсивность некогерентного рассеяния атомом. Зависимость интенсивности некогерентного рассеяния от величины вектора рассеяния. Изменение длины волны при неупругом (комптоновском) рассеянии. 3. Амплитуда рассеяния совокупностью атомов с разной степенью упорядочения. Рассеяние одноатомным газом. Рассеяние молекулами газа. Формула Дебая. Рассеяние конденсированными фазами с разной степенью упорядочения: одномерно периодическая система. 4. Рассеяние одноатомной жидкостью: структурный фактор жидкости. Экспериментальное определение функции радиального распределения атомов в жидкости. Абсолютизация измерений интенсивности диффузного рассеяния жидкостью. Рассеяние не одноатомной жидкостью с полностью диссоциированными молекулами. 5. Малоугловое рассеяние. Рассеяние одной частицей. Рассеяние под малыми углами совокупностью частиц. Аппроксимация Гинье. Определение размеров частиц на основе аппроксимации Гинье. Определение распределения частиц по размерам. Малоугловое рассеяние и возможность оценки поверхности частиц. Рабочая формула для обработки экспериментальных результатов измерения интенсивности МУР. 6. Изучение структуры твердых растворов. Дальний порядок. Коэффициенты дальнего порядка. Связь интенсивности дифракционных максимумов с коэффициентами дальнего порядка. 7. Ближний порядок. Способ описания корреляции атомов в растворе с ближним порядком. Коэффициенты корреляции. Коэффициенты Фурье и флуктуации концентрации, их связь с коэффициентами корреляции. 8. Рассеяние твердыми растворами. 9. Статические смещения и их Фурье-компоненты. 10. Интенсивность диффузного рассеяния и компоненты Фурье флуктуаций концентрации и статических смещений. 11. Термодинамическая теория флуктуаций концентрации: микроскопическая теория флуктуаций концентрации. Энергия смещения. 12. Уравнение самосогласованного поля для твердых растворов. Фурье компоненты энергии смешения и внутренняя энергия растворов. 13. Определение термодинамических характеристик твердых растворов с помощью измерения интенсивности диффузного рассеяния. Связь Фурье компонент флуктуаций концентрации с компонентами Фурье энергии смешения, их определение с помощью измерения интенсивности диффузного рассеяния. 14. Спинодальный распад. Определение компоненты Фурье энергии смешения для волнового вектора равного нулю. Влияние упругих далекодействующих сил на величину Фурье компонент флуктуаций концентрации. Определение параметра взаимодействия для растворов соединений с разными размерами атомов. 15. Диффузное рассеяние точечными дефектами разного типа. Основной вклад в диффузное рассеяние в разбавленных растворах. 16. Понятие об изодиффузной поверхности. Влияние симметрии поля смещений дефектов на вид изодиффузной поверхности. 17. Диффузное рассеяние микродефектами. Связь формы поля смещений с коэффициентами и диполей сил. 18. Хуанговское и асимптотическое рассеяние. Возможность определения знака мощности микродефекта и его размеров. 19. Пример применения ДРРЛ в изучение распада кислорода в кремнии.
-----	---------	--

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	Домашнее задание		содержит 15 задач, охватывающих материал раздела 1
P2	Лабораторная работа № 1		Структурный фактор жидкости. Анализ интенсивности малоуглового рассеяния
P3	Лабораторная работа № 2		Анализ упорядочения в твердых растворах с дальним порядком. Ближний порядок в твердых растворах. Коэффициенты ближнего порядка
P4	Лабораторная работа № 3		Определение энергии смещения из дифрактометрического эксперимента. Расчет вклада упругой энергии в параметр взаимодействия
P5	Лабораторная работа № 4		Диффузное рассеяние микродефектами. Анализ симметрии изодиффузных кривых

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

Экзаменационные билеты хранятся на кафедре. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов.

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	Хачатурян А. Г.	Теория фазовых превращений и структура твердых растворов: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1974
Л2.2	Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А.	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Векилова Г. В., Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д.	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
Л2.4	Кривоглаз М. А.	Теория рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов реальными кристаллами	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1967

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	Программное обеспечение для анализа структуры кристаллических материалов.	http://crystallmaker.com
----	---	---

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

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.