

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:06:03

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)

Рост кристаллов

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

92

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	92	92	92	92
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

д.ф.-м.н., проф., Волошин Алексей Эдуардович

Рабочая программа

Рост кристаллов

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-23-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от г., №

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	формирование знаний и умений в области теории и методов выращивания кристаллических материалов для электроники и фотоники
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.2	Некоторые главы кристаллохимии	
2.2.3	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.2.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.5	Спектроскопические методы анализа поверхности	
2.2.6	Кристаллические компоненты акустоэлектроники	
2.2.7	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики	
2.2.8	Микросхемотехника	
2.2.9	Нanomатериалы в современной твердотельной электронике	
2.2.10	Нелинейные кристаллы	
2.2.11	Оптические явления в кристаллах. Часть 2	
2.2.12	Применение лазерных систем	
2.2.13	Солнечная энергетика	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.16	Технологии получения материалов	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них	
Знать:	
ПК-1-31 основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях	
Знать:	
ОПК-1-32 методы выращивания кристаллов	
ОПК-1-31 законы, управляющие процессами роста монокристаллов о образования в них дефектов структуры	
ПК-1: Способен обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них	
Уметь:	
ПК-1-У1 подбирать технологические параметры процесса выращивания кристаллов	
ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками	
Уметь:	
ПК-3-У1 выбирать методы роста кристаллов исходя из диаграммы состояния и заданных требований	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях	
Владеть:	
ОПК-1-В1 навыками теоретического анализа процессов роста монокристаллов на основании фундаментальных законов кристаллообразования	

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. Элементарные процессы роста кристаллов							
1.1	Рентгеновские дифракционные методы исследования структуры кристаллов /Лек/	1	2	ПК-1-31	Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3		КМ1	
1.2	Рентгеновские дифракционные методы исследования структуры кристаллов /Пр/	1	2	ПК-1-31	Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3		КМ1	
1.3	Рентгеновские дифракционные методы исследования структуры кристаллов /Ср/	1	12	ПК-1-31	Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3		КМ1	
1.4	Механизмы и кинетика роста кристаллов /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.4Л2.6		КМ1	
1.5	Механизмы и кинетика роста кристаллов /Пр/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.4Л2.6		КМ1	
1.6	Механизмы и кинетика роста кристаллов /Ср/	1	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.4Л2.6		КМ1	
1.7	Массоперенос при росте кристаллов /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4 Л1.8		КМ1	
1.8	Массоперенос при росте кристаллов /Пр/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4 Л1.8		КМ1	
1.9	Массоперенос при росте кристаллов /Ср/	1	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4 Л1.8		КМ1	
1.10	Дефекты структуры кристаллов /Лек/	1	1	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1		КМ1	
1.11	Дефекты структуры кристаллов /Пр/	1	1	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1		КМ1	
1.12	Дефекты структуры кристаллов /Ср/	1	5	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1		КМ1	
1.13	Механизмы образования дефектов структуры в процессе роста кристаллов /Лек/	1	2	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4Л2.5 Л2.9		КМ1	
1.14	Механизмы образования дефектов структуры в процессе роста кристаллов /Пр/	1	2	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4Л2.5		КМ1	
1.15	Механизмы образования дефектов структуры в процессе роста кристаллов /Ср/	1	12	ПК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.4Л2.5		КМ1	
1.16	Особенности кристаллизации в многокомпонентных системах /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.5Л2.8		КМ1	

1.17	Особенности кристаллизации в многокомпонентных системах /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.5Л2.8		КМ1	
1.18	Особенности кристаллизации в многокомпонентных системах /Ср/	1	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.5Л2.8		КМ1	
Раздел 2. Методы выращивания кристаллов								
2.1	Методы выращивания кристаллов из расплава /Лек/	1	2	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Л2.7		КМ2	
2.2	Методы выращивания кристаллов из расплава /Пр/	1	2	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Л2.7		КМ2	
2.3	Методы выращивания кристаллов из расплава /Ср/	1	14	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.4 Л2.7		КМ2	
2.4	Методы выращивания кристаллов из паровой фазы /Лек/	1	1	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4		КМ2	
2.5	Методы выращивания кристаллов из паровой фазы /Пр/	1	1	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4		КМ2	
2.6	Методы выращивания кристаллов из паровой фазы /Ср/	1	6	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4		КМ2	
2.7	Методы выращивания кристаллов из растворов /Лек/	1	3	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.6		КМ2	
2.8	Методы выращивания кристаллов из растворов /Пр/	1	3	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.6		КМ2	
2.9	Методы выращивания кристаллов из растворов /Ср/	1	15	ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.4Л2.6		КМ2	
2.10	Особенности роста кристаллов в условиях микрогравитации /Лек/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1			КМ2	
2.11	Особенности роста кристаллов в условиях микрогравитации /Пр/	1	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1			КМ2	
2.12	Особенности роста кристаллов в условиях микрогравитации /Ср/	1	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-У1			КМ2	

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	ОПК-1-31;ПК-1-31;ОПК-1-В1	<ol style="list-style-type: none"> Ряд Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье. Рассеяние рентгеновских лучей на электронной плотности и его связь с интегралом Фурье. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Атомный рассеивающий фактор. Структурная амплитуда. Интерференционная функция Лауэ. Кинематическая и динамическая теория рассеяния

		<p>рентгеновских лучей. Дисперсионная поверхность. Положение центров распространения на дисперсионной поверхности в зависимости от геометрии съемки.</p> <p>4. Экстинкционная длина. Ширина кривой дифракционного отражения и интегральная интенсивность Маятниковое решение. Аномальное прохождения рентгеновских лучей.</p> <p>5. Рассеяние рентгеновских лучей в деформированных кристаллах. Эффективная разориентация решетки. Виды рентгенографического контраста.</p> <p>6. Фазовые равновесия. Химический потенциал и движущая сила кристаллизации. Пересыщение.</p> <p>7. Фазовое равновесие с учетом поверхности раздела фаз. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов. Радиус критического зародыша (трехмерного, двумерного). Работа образования зародыша.</p> <p>8. Поверхностные конфигурации атомов. Структура поверхности кристалла, критерий Джексона. Нормальный и послыйный рост кристаллов. Источники ростовых ступеней.</p> <p>9. Кинетика послыйного роста кристаллов по механизму двумерного зарождения и дислокационно-спиральному механизму. Простые и сложные дислокационные источники роста. Активность дислокационного источника. Конкуренция вичинальных холмиков.</p> <p>10. Тепловые условия при росте из расплава. Скорость роста из расплава.</p> <p>11. Коэффициент распределения. Законы диффузии. Диффузия в движущемся потоке. Захват примеси кристаллом при диффузионном массопереносе. Эффективный коэффициент распределения в модели Тиллера. Формирование начальной переходной области. Концентрационный профиль примеси в расплаве вблизи фронта кристаллизации.</p> <p>12. Особенности массопереноса при кристаллизации. Основные закономерности конвективного массопереноса. Пограничный гидродинамический слой. Пограничный диффузионный слой. Поверхность равного доступа.</p> <p>13. Конвективно-диффузионный массоперенос. Эффективный коэффициент распределения в модели Бартона-Прима-Слихтера.</p> <p>14. Скорость роста кристалла из раствора в смешанном диффузионно-кинетическом режиме. Диффузионный и кинетический режимы роста кристалла. Морфологическая неустойчивость.</p> <p>15. Точечные дефекты. Собственные и примесные точечные дефекты. Конфигурации точечных дефектов. Центр окраски.</p> <p>16. Равновесное распределение примесей. Захват примесей при послыйном росте кристаллов: статистический отбор, диффузионная релаксация. Влияние примесей на кинетику роста кристалла.</p> <p>17. Секториальная неоднородность. Вичинальная секториальность. Зонарная неоднородность при дислокационно-спиральном росте кристаллов.</p> <p>18. Зонарная неоднородность при нормальном механизме роста кристаллов. Эффект грани.</p> <p>19. Концентрационное переохлаждение. Ячеистая структура.</p> <p>20. Дислокации. Вектор Бюргерса и плоскость скольжения дислокации. Механизмы движения дислокаций. Подвижность дислокаций. Барьер Пайерлса. Механизм двойных перегибов.</p> <p>21. Особенности дислокационной структуры при послыйном росте кристаллов: источники дислокаций, ориентация дислокаций.</p> <p>22. Двойники и дефекты упаковки. Образование двойников при изменении формы кристаллов.</p> <p>23. Объемные дефекты: включения второй фазы, захват частиц. Кристаллизационное давление, расклинивающее давление.</p> <p>24. Механизмы образования включений при росте кристаллов из растворов.</p> <p>25. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Равновесия в трехкомпонентной системе. Обменный потенциал. Подавление обменных процессов при переохлаждении.</p> <p>26. Реакция изоморфного замещения. Материальный баланс</p>
--	--	--

			<p>процесса.</p> <p>27. Смешанные кристаллы: соотношение компонентов в кристалле и в растворе. Секториальная, зонарная, радиальная и мозаичная неоднородность смешанных кристаллов.</p> <p>28. Линейное (векторное) пространство. Норма вектора. Скалярное произведение. Линейное нормированное пространство R²¹. Диаграммы Шрейнемакерса. Описание диаграмм Шрейнемакерса с использованием свойств пространства R²¹. Свойства диаграмм Шрейнемакерса. Объемный эффект реакции изоморфного замещения.</p>
КМ2	Контрольная работа	ОПК-1-32;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-3-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рентгеноструктурный анализ (РСА). Основные стадии РСА. Дифрактометрия поликристаллов. 2. Метод двухкристального спектрометра. Эффект псевдомонохроматизации. Дисперсия схемы спектрометра. Причины уширения кривой дифракционного отражения. Подготовка и описание эксперимента. 3. Метод стоячих рентгеновских волн. 4. Методы рентгеновской топографии. Рентгенотопографический контраст в зависимости от поглощения кристалла. 5. Геометрический отбор. Получение и приготовление затравок для выращивания кристаллов из расплава и раствора. 6. Угол роста. Влияние мениска на форму роста кристалла. 7. Метод Чохральского. 8. Метод Степанова. 9. Метод Киропулоса. 10. Метод Вернейля. 11. Зонная плавка. Зонная очистка и зонное выравнивание. 12. Метод Стокбаргера – Бриджмена. Метод Багдасарова. 13. Метод Обреимова-Шубникова. Модифицированный метод Обреимова-Шубникова. 14. Метод объемной паровой фазы. 15. Технология неорганических фторидов. 16. Методы выращивания кристаллов из водных растворов. 17. Гидротермальный метод выращивания кристаллов. 18. Рост из раствора в расплаве. 19. Скоростной рост кристаллов из раствора. Влияние растворимости на скорость роста. Стабильное и метастабильное состояния раствора. «Мертвая» зона. Подготовка раствора для скоростного роста. Приготовление и регенерация затравки. 20. Принципы выращивания смешанных кристаллов на примере $K_2(Ni,Co)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$. 21. Рост неорганических кристаллов в условиях микрогравитации. Виды конвекции. Бесконтактный рост. 22. Особенности кристаллизации белков. Эффект «самоочистки» раствора. Кристаллизация белков в космосе.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

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

Билет 1

1. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Атомный рассеивающий фактор. Структурная амплитуда. Интерференционная функция Лауэ.
2. Метод объемной паровой фазы.

Билет 2

1. Кинематическая и динамическая теория рассеяния рентгеновских лучей. Дисперсионная поверхность. Положение центров распространения на дисперсионной поверхности в зависимости от геометрии съемки.
2. Геометрический отбор. Получение и приготовление затравок для выращивания кристаллов из расплава и раствора.

Билет 3

1. Экстинкционная длина. Ширина кривой дифракционного отражения и интегральная интенсивность Маятниковое решение. Аномальное прохождения рентгеновских лучей.
 2. Зонарная неоднородность при нормальном механизме роста кристаллов. Эффект грани.
-

Билет 4

1. Рассеяние рентгеновских лучей в деформированных кристаллах. Эффективная разориентация решетки. Виды рентгенопографического контраста.
 2. Угол роста. Влияние мениска на форму роста кристалла.
-

Билет 5

1. Рентгеноструктурный анализ (РСА). Основные стадии РСА. Дифрактометрия поликристаллов.
 2. Коэффициент распределения. Законы диффузии. Диффузия в движущемся потоке. Захват примеси кристаллом при диффузионном массопереносе. Эффективный коэффициент распределения в модели Тиллера. Формирование начальной переходной области. Концентрационный профиль примеси в расплаве вблизи фронта кристаллизации.
-

Билет 6

1. Метод двухкристального спектрометра. Эффект псевдомонохроматизации. Дисперсия схемы спектрометра. Причины уширения кривой дифракционного отражения. Подготовка эксперимента.
 2. Особенности массопереноса при кристаллизации. Основные закономерности конвективного массопереноса. Пограничный гидродинамический слой. Пограничный диффузионный слой. Поверхность равного доступа.
-

Билет 7

1. Методы рентгеновской топографии. Рентгенопографический контраст в зависимости от поглощения кристалла.
 2. Фазовые равновесия. Химический потенциал и движущая сила кристаллизации. Пересыщение.
-

Билет 8

1. Фазовое равновесие с учетом поверхности раздела фаз. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов. Радиус критического зародыша (трехмерного, двумерного). Работа образования зародыша.
 2. Метод Чохральского.
-

Билет 9

1. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Равновесия в трехкомпонентной системе. Обменный потенциал. Подавление обменных процессов при переохлаждении.
 2. Метод Киропулоса.
-

Билет 10

1. Реакция изоморфного замещения. Материальный баланс процесса.
 2. Метод Стокбаргера – Бриджмена. Метод Багдасарова.
-

Билет 11

1. Смешанные кристаллы: соотношение компонентов в кристалле и в растворе. Секториальная, зонарная, радиальная и мозаичная неоднородность смешанных кристаллов.
 2. Зонная плавка. Зонная очистка и зонное выравнивание.
-

Билет 12

1. Линейное (векторное) пространство. Норма вектора. Скалярное произведение. Линейное нормированное пространство R^2 . Диаграммы Шрейнемакера. Описание диаграмм Шрейнемакера с использованием свойств линейного нормированного пространства R^2 . Свойства диаграмм Шрейнемакера. Объемный эффект реакции изоморфного замещения.
 2. Метод Степанова.
-

Билет 13

1. Поверхностные конфигурации атомов. Структура поверхности кристалла, критерий Джексона. Нормальный и послыйный рост кристаллов. Источники ростовых ступеней.
 2. Метод Вернейля.
-

Билет 14

1. Кинетика послыйного роста кристаллов по механизму двумерного зарождения и дислокационно-спиральному механизму. Простые и сложные дислокационные источники роста. Активность дислокационного источника. Конкуренция вицинальных холмиков.
 2. Метод Обреимова-Шубникова. Модифицированный метод Обреимова-Шубникова.
-

Билет 15

1. Тепловые условия при росте из расплава. Скорость роста из расплава.
 2. Особенности кристаллизации белков. Эффект «самоочистки» раствора. Кристаллизация белков в космосе.
-

Билет 16

1. Конвективно-диффузионный массоперенос. Эффективный коэффициент распределения в модели Бартона-Прима-Слихтера.
 2. Объемные дефекты: включения второй фазы, захват частиц. Кристаллизационное давление, расклинивающее давление.
-

Билет 17

1. Скорость роста кристалла из раствора в смешанном диффузионно-кинетическом режиме. Диффузионный и кинетический режимы роста кристалла. Морфологическая неустойчивость.
 2. Дислокации. Вектор Бюргерса и плоскость скольжения дислокации. Механизмы движения дислокаций. Подвижность дислокаций. Барьер Пайерлса. Механизм двойных перегибов.
-

Билет 18

1. Особенности дислокационной структуры при послыйном росте кристаллов: источники дислокаций, ориентация дислокаций.
 2. Рост неорганических кристаллов в условиях микрогравитации. Виды конвекции. Бесконтактный рост.
-

Билет 19

1. Равновесное распределение примесей. Захват примесей при послыйном росте кристаллов: статистический отбор, диффузионная релаксация. Влияние примесей на кинетику роста кристалла.
 2. Рост из раствора в расплаве.
-

Билет 20

1. Секториальная неоднородность. Вичинальная секториальность. Зонарная неоднородность при дислокационно-спиральном росте кристаллов.
2. Гидротермальный метод выращивания кристаллов.

Билет 21

1. Механизмы образования включений при росте кристаллов из растворов.
2. Методы выращивания кристаллов из водных растворов.

Билет 22

1. Концентрационное переохлаждение. Ячеистая структура.
2. Скоростной рост кристаллов из раствора. Влияние растворимости на скорость роста. Стабильное и метастабильное состояния раствора. «Мертвая» зона. Подготовка раствора для скоростного роста. Приготовление и регенерация затравки.

Билет 23

1. Двойники и дефекты упаковки. Образование двойников при изменении формы кристаллов.
2. Принципы выращивания смешанных кристаллов на примере $K_2(Ni,Co)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$.

Билет 24

1. Ряд Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье. Рассеяние рентгеновских лучей на электронной плотности и его связь с интегралом Фурье.
2. Точечные дефекты. Собственные и примесные точечные дефекты. Конфигурации точечных дефектов. Центр окраски.

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

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и полностью усвоил материал; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает; умеет тесно увязывать теорию с практикой; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий; использует в ответе материал из различных литературных источников; правильно обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал; грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач; владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по дисциплине.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей; допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала; испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала; неуверенно отвечает; допускает серьезные ошибки; не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Новиков И. И.	Дефекты кристаллического строения металлов: Учеб. пособие для студентов вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1983

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
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
Л1.4	Козлова О. Г., Белов Н. В.	Рост кристаллов: учеб. пособие для геолог. и химико-технол. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГУ, 1967
Л1.5	Иванова А. В., Лисовская Т. Д., Горелик С. С.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков. Разд.: Фазовые равновесия в тройных полупроводниковых системах: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0643,0604	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1983
Л1.6	Бублик В. Т., Горелик С. С.	Основы динамической теории интерференции рентгеновских лучей	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1971
Л1.7	Бублик В. Т., Дубровина А. Н., Зимичева Г. М.	Методы исследования структуры. Применение методов рентгеноструктурного анализа (исследование структуры кристаллов материалов электронной техники): лаб. практикум для студ. спец. 0604,0629,0643 (часть 2)	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1985
Л1.8	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2003

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Келли А., Гровс Г., Шаскольский М. П.	Кристаллография и дефекты в кристаллах	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974
Л2.2	Каули Д., Пинскер З. Г.	Физика дифракции	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1979
Л2.3	Пинскер З. Г.	Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1974

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Лисовская Т. Д., Горелик С. С.	Материаловедение полупроводников и металловедение: Разд.: Основные закономерности влияния различных технологических способов получения и воздействия на фазовый состав, структуру, свойства. Ч. 4: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
Л2.5	Галаев А. А., Горелик С. С., Дашевский М. Я., др.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Разд.: Структурные несовершенства в кристаллах: для практ. занятий студ. спец. 20.02, 20.08	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1990
Л2.6	Портнов О. Г.	Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков. Выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2015
Л2.7	Дашевский М. Я., Горелик С. С.	Выращивание из расплавов кристаллов полупроводников с заданными свойствами Часть 1: Курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1971
Л2.8	Горелик С. С.	Разд.: Фазовые равновесия, химические связи и свойства полупроводниковых материалов: Лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980
Л2.9	Горелик С. С.	Влияние состава, структуры и структурных дефектов на свойства полупроводников: Шифр темы 334001 ГР N81056032	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1983

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Microsoft Office
П.3	MATLAB
П.4	CorelDRAW Graphics Suite X4
П.5	Microsoft Excel
П.6	Microsoft PowerPoint
П.7	PhotoShop
П.8	Acrobat Reader DC
П.9	Origin 2022

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ