

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:06:17

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)

Технология получения 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

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

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
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

ктн, Доцент, Петраков Валерий Сергеевич; ктн, Доцент, Антипов Владимир Валентинович

Рабочая программа

Технология получения 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 26.06.2020 г., №06/20

Руководитель подразделения Оганов А.Р.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Подготовить специалистов, овладевших знаниями, умениями и навыками по технологиям получения лазерных кристаллов.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	1. Научить высокотехнологичным методам получения однородных, совершенных кристаллов из расплавов, растворов и газовой фазы.
1.4	2. Научить проводить детальный анализ исходных компонентов и термообработку шихты с заданными свойствами.
1.5	3. Научить применять требования международных стандартов по обработке полученных монокристаллов для создания компонентной базы лазерных устройств и приборов.
1.6	4. Научить разбираться в технической эксплуатации современного технологического оборудования для выращивания кристаллов.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
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	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.2.2	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.3	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.2.4	Некоторые главы кристаллохимии	
2.2.5	Оптические элементы лазерных систем	
2.2.6	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.2.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.8	Спектроскопические методы анализа поверхности	
2.2.9	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.2.10	Кристаллические компоненты акустоэлектроники	
2.2.11	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики	
2.2.12	Микросхемотехника	
2.2.13	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.2.14	Нелинейные кристаллы	
2.2.15	Оптические явления в кристаллах. Часть 2	
2.2.16	Применение лазерных систем	
2.2.17	Солнечная энергетика	
2.2.18	Методы исследования материалов	
2.2.19	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.20	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 - физику и химию процессов выращивания кристаллов их растворов, расплавов и газовой фазы
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 Основные физические явления и их модели необходимые для освоения существующих технологических процессов в основе которых лежит исследование и обработка конструкционных материалов с использованием лазерного излучения, а также для разработки новых технологических подходов.
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 - анализировать полученные результаты и находить способы практической реализации, формулировать предложения по изменению конструктивных требований к эксплуатационным свойствам в целях более эффективной реализации возможностей материалов и их технологии получения
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-У2 Выявлять существенные признаки физических явлений на которых основаны технологические процессы исследования и обработки конструкционных материалов с использованием лазерного излучения
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У1 Обработать результаты измерений, анализировать экспериментальные данные и представлять их различными способами.
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 Производить оценку целесообразности применения технологии лазерной обработки материалов в сравнении с существующими
ПК-2: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям
Владеть:
ПК-2-В2 - навыком практического исследования и экспресс-процессов по контролю качества кристаллов
ПК-2-В1 - навыками использования ростового оборудования для получения высококачественных кристаллов и заготовок из них

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. Этапы развития технологий выращивания кристаллов из растворов, расплавов и газовой среды. Примеры применения кристаллов в гражданской и оборонной областях промышленности. Основные определения и понятия в процессах кристаллизации.							
1.1	Этапы развития технологий выращивания кристаллов из растворов, расплавов и газовой среды. Примеры применения кристаллов в гражданской и оборонной областях промышленности. Основные определения и понятия в процессах кристаллизации. /Лек/	1	4	ОПК-5-У1	Л1.2Л2.5Л3.6 Л3.8 Э1 Э2 Э3			
1.2	Моделирование процесса выращивания кристаллов из расплавов /Лаб/	1	2	ОПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2Л2.6Л3.5 Л3.8 Э1 Э2 Э3	Занятия проводятся в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО	КМ2	Р1

	Раздел 2. Зародышеобразование и выращивание кристаллов из газовой среды на примере технологии магнетронного напыления.							
2.1	Зародышеобразование и выращивание кристаллов из газовой среды на примере технологии магнетронного напыления /Лек/	1	4	ОПК-5-31 ОПК-1-У1 ПК -2-У1	Л1.1 Л1.2Л3.12 Э1 Э2 Э3			
2.2	Метод магнетронного напыления /Лаб/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-5-У2 ПК -2-У1	Л1.1 Л1.2Л3.12 Э1 Э2 Э3	Занятия проводятся в специализир ованной аудитории в соответствии с разделом МТО	КМ2	Р2
2.3	Моделирование процессов выращивания кристаллов из газовой фазы /Лаб/	1	3	ОПК-5-31 ПК- 2-31 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л3.5 Л3.12 Э1 Э2 Э3	Занятия проводятся в специализир ованной аудитории в соответствии с разделом МТО	КМ2	Р3
	Раздел 3. Основные принципы растворной кристаллизации							
3.1	Основные принципы растворной кристаллизации /Лек/	1	5	ОПК-5-31 ПК- 2-31 ПК-2-У1	Л1.2Л3.10			
3.2	Метод растворной кристаллизации /Лаб/	1	4	ОПК-5-31 ПК- 2-31 ОПК-1- У1 ПК-2-У1	Л1.3Л3.6 Л3.10		КМ2	Р4
	Раздел 4. Технологические аспекты выращивания сложных высокотемпературных пьезоэлектрических кристаллов (лантангаллиевые силикаты) из расплавов на производстве в компании ОАО «Фомос – Материалс» в online режиме							
4.1	Технологические аспекты выращивания сложных высокотемпературных пьезоэлектрических кристаллов (лантангаллиевые силикаты) из расплавов на производстве в компании ОАО «Фомос – Материалс» /Лек/	1	4	ОПК-5-31 ОПК-5-У2 ПК -2-В1 ПК-2-В2	Л1.2Л3.8 Э1 Э2 Э3			

	Раздел 5. Технологические аспекты выращивания низкотемпературных и высокотемпературных полупроводниковых кристаллов из расплавов в АО «Гиредмет» ГНУ РФ, НИИ Приборов и компании «Солар кремниевые технологии» в online режиме							
5.1	Технологические аспекты выращивания низкотемпературных и высокотемпературных полупроводниковых кристаллов из расплавов в АО «Гиредмет» ГНУ РФ, НИИ Приборов и компании «Солар кремниевые технологии» /Пр/	1	4	ОПК-5-31 ПК-2-31 ПК-2-В1	Л1.2Л3.6 Л3.8 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 6. Технологические аспекты выращивания сложных диэлектрических кристаллов из растворов в ФГУ «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН в online режиме							
6.1	Технологические аспекты выращивания сложных диэлектрических кристаллов из растворов в ФГУ «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН /Пр/	1	4	ОПК-5-31 ПК-2-31 ПК-2-В1	Л1.2Л3.10 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 7. Международные стандарты производства кристаллических изделий пьезоэлектрических и полупроводниковых монокристаллов.							
7.1	Международные стандарты производства кристаллических изделий пьезоэлектрических и полупроводниковых монокристаллов. /Пр/	1	4	ОПК-5-31 ПК-2-В1 ПК-2-В2	Л1.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 8. Особенности ростовой и технологической дефектной структуры реальных кристаллов.							
8.1	Особенности ростовой и технологической дефектной структуры реальных кристаллов. /Пр/	1	3	ОПК-5-У2	Л1.2Л2.1Л3. 7 Э1 Э2 Э3			

8.2	Измерение микротвердости кристаллов /Лаб/	1	4	ПК-2-В1 ОПК-1-У1 ПК-2-В2	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.9 Э1 Э2 Э3	Занятия проводятся в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО	КМ2	Р5
8.3	Контрольная работа № 1 /Пр/	1	2	ОПК-5-31 ПК-2-31	Л3.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.6 Л2.7Л3.2 Л1.1 Л2.1 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Л3.9 Л3.10 Л3.11 Л3.12 Э1 Э2 Э3		КМ1	
	Раздел 9. Самостоятельная работа							
9.1	1) Подготовка к аудиторным занятиям: работа с литературой, самостоятельная проработка отдельных вопросов, подготовка вопросов по теме предстоящего занятия. 2) Подготовка к лабораторным занятиям: проработка теоретического материала по теме предстоящей лабораторной работы, изучение принципа действия прибора, программы исследования, подготовка заготовки отчета по лабораторной работе. 3) Выполнение реферата /Ср/	1	57	ОПК-5-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.1 Л2.5 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Л3.8 Л3.9 Л3.10 Л3.11 Л3.12 Э1 Э2 Э3			

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	ПК-2-31;ОПК-5-31	Контрольные работа № 1 проходит в виде письменного опроса по трем вопросам из перечня: 1. Получение шихты заданного состава методом СВС (самораспространяющегося высокотемпературного синтеза) при подготовке роста из расплава кристаллов сложных высокотемпературных пьезоэлектриков. 2. Что является движущей силой процесса выращивания из расплава? 3. Основные принципы растворной кристаллизации. 4. Методы сохранения стехиометрического или конгруэнтного составов кристаллов сложных пьезоэлектриков при росте из расплава. 5. Методы получения кристаллов полупроводниковых соединений типа А2В6. 6. Характерные ростовые дефекты и пути их предупреждения при растворной кристаллизации монокристаллов.

			<p>7. Какие методы испытаний являются обязательными в Европейских стандартах качества кристаллических материалов?</p> <p>8. Образование дефектов кристаллической структуры при росте по методу Чохральского сложных высокотемпературных пьезоэлектриков.</p> <p>9. Методы сохранения стехиометрического состава кристаллов A2B6 в процессе получения монокристаллов различными методами.</p> <p>10. Выбор методов растворной кристаллизации для материалов с различной растворимостью.</p> <p>11. Что относится к дефектам кристаллических изделий для фильтров ПАВ в Европейских стандартах?</p> <p>12. Какие знания, умения и навыки необходимо применять для химико- механической резки, шлифовки и полировки диэлектрических монокристаллических буль.</p> <p>13. Основные дефекты, образующиеся в процессе роста при получении монокристаллов полупроводниковых соединений типа A2B6.</p> <p>14. Принципиальные особенности и преимущества выращивания кристаллов различными растворными методами.</p> <p>15. Теплофизические процессы при росте кристаллов из расплава: роль процессов переноса тепла в сохранении устойчивости роста кристаллов при методах вытягивания.</p> <p>16. Особенности резки и механической обработки монокристаллов полупроводниковых соединений.</p> <p>17. Сравнение однородности кристаллов, полученных растворными и расплавными методами.</p> <p>18. Технологические условия роста кристаллов лантан-галиевого силиката и его аналогов с высокой однородностью структуры.</p> <p>19. Рост монокристаллов GaAs методом Чохральского: требования к оборудованию, особенности технологии, режимы роста и основные дефекты монокристаллов.</p> <p>20. Теплофизические процессы при росте из растворов и программирование параметров кристаллизации для повышения однородности монокристаллов.</p> <p>21. В чём причина различия между теоретической и технической прочностью кристалла?</p> <p>22. Кристаллографические и термодинамические аспекты выращивания эпитаксиальных кристаллических плёнок методом магнетронного распыления.</p> <p>23. Какие факторы оказывают влияние на зарождение кристаллов?</p> <p>24. Какие технологические приемы используются для сохранения стехиометрического состава LN?.</p> <p>25. Какие движущие силы действуют в процессах роста кристаллов из растворов и расплавов?</p> <p>26. Роль процессов переноса тепла в сохранении устойчивости роста кристаллов при вытягивании из расплава.</p> <p>27. Условия применения метода Чохральского для выращивания высокотемпературных пьезокристаллов.</p> <p>28. Физическая сущность анизотропии микротвердости в монокристаллах.</p> <p>29. Как влияет pH маточного раствора на морфологию растущих в нем кристаллов иодата лития?</p> <p>30. Выращивание кристаллов кварца гидротермальным методом.</p> <p>31. Применение искусственно выращенных кристаллов в оптических, пьезоэлектрических, а также лазерных устройствах и приборах.</p> <p>32. На какие параметры роста кристаллов из расплава влияют изменения скорости подъёма и вращения затравочного кристалла?</p> <p>33. Какие параметры процесса выращивания кристаллов на установке «Кристалл-3М» находятся под особым контролем?</p> <p>34. Какие механизмы трещинообразования кристаллов и какой метод обработки увеличивает трещиностойкость?</p> <p>35. Что такое «критический» размер зародыша и от чего он зависит?</p> <p>36. В чем отличие промышленного процесса выращивания кристаллов от лабораторного (опытного)?</p> <p>37. Какие условия выращивания приводят к естественной</p>
--	--	--	---

			конвекции и выпуклому фронту кристаллизации? 38. Какие требования применяются к затравочному кристаллу? 39. В чем суть кинетических процессов выращивания кристаллов? 40. Что такое «запаразичивание» раствора в процессе выращивания кристаллов и каким путем от него избавляются? 41. В какой последовательности проводится механическая обработка монокристаллических буль?
КМ2	Защита лабораторных работ	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-2-В2;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-У2;ОПК-1-У1	Процесс выращивания кристаллов из расплавов Метод магнетронного напыления Процесс выращивания кристаллов из газовой фазы Метод растворной кристаллизации Измерение микротвердости кристаллов
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	ПК-2-31;ПК-2-У1;ОПК-5-31;ОПК-1-У1	Моделирование процесса выращивания кристаллов из расплавов
P2	Лабораторная работа № 2	ПК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-31;ОПК-5-31;ОПК-5-У2;ОПК-1-У1	Метод магнетронного напыления
P3	Лабораторная работа № 3	ПК-2-31;ПК-2-У1;ОПК-5-31	Моделирование процессов выращивания кристаллов из газовой фазы
P4	Лабораторная работа № 4	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-2-31;ОПК-1-У1;ОПК-5-31	Метод растворной кристаллизации
P5	Лабораторная работа № 5	ПК-2-В2;ПК-2-У1;ОПК-5-31;ОПК-1-У1	Измерение микротвердости кристаллов

Р6	Реферат	ПК-2-31;ПК-2-У1	<p>Примерная тематика рефератов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оборудование для выращивания монокристаллов методом Чохральского. Особенности установки. 2. Организация производства монокристаллов с использованием установок «Кристалл – 3М». Особенности технологии. Особенности теплового узла. Выращивание кристаллов больших диаметров. Организация работы ростового участка. 3. Способ промышленного выращивания кристаллов NaCl 4. Выращивание высокотемпературных кристаллов методом Киропулоса. 5. Выращивание высокотемпературных кристаллов методом Бриджмена. 6. Выращивание высокотемпературных кристаллов методом Степанова. 7. Выращивание высокотемпературных кристаллов гидротермальным методом. 8. Выращивание (особенности) монокристаллов KDP (KH₂PO₄). 9. Особенности выращивания монокристаллов, один из компонентов является легко летучим (арсенид галлия, арсенид индия, антимонид индия, антимонид галлия). Поддержание постоянным состава кристалла на протяжении всего процесса выращивания. Способы и методы поддержания химической однородности. 10. Особенности механической обработки полупроводниковых пластин при шлифовке, полировке с целью удаления нарушенного слоя. Последовательность операций, вид и марка порошка, состав суспензии, химико-механическая полировка. 11. Влияние чистоты исходных компонентов на электрофизические и структурные параметры и свойства материала, которые определяют в дальнейшем приборные качества (чувствительность, разрешающая способность и т.д.) 12. Математическое моделирование процессов конвективного тепло-массообмена при получении кристаллических материалов. 13. Теплофизические процессы при кристаллизации из расплава. 14. Критические условия выращивания кристаллов диэлектриков и полупроводников. 15. Устойчивый рост кристаллов из расплава капиллярном формообразовании. 16. Модель формирования химической микронеоднородности в растущих кристаллах. 17. Нестационарные процессы при росте из расплавов и примесная структура кристаллов. 18. Управление формой фронта кристаллизации при росте из расплава. 19. Методы оценки локальных неоднородностей расплавных кристаллов. 20. Влияние режимов принудительного перемешивания на однородность кристаллов при вытягивании из расплава. 21. Методы выращивания кристаллов постоянного состава. 22. Программирование параметров кристаллизационного процесса для повышения однородности кристаллов. 23. Управление диаметром кристалла в процессе роста из расплава по методу Чохральского. 24. Кластерная модель пограничного слоя при росте из расплавов. 25. Методы контроля и управления процессами роста расплавных и растворных кристаллов. 26. Физические основы способа Степанова для выращивания профилированных кристаллов с капиллярной подпиткой. 27. Гидротермальный синтез диэлектрических кристаллов. 28. Гарнисажный способ выращивания кристаллов тугоплавких окисных соединений. 29. Получение кристаллов полупроводников в условиях микрогравитации. 30. Получение кристаллов новых сильных пьезоэлектриков из расплава (тетраборат лития, лантан-галлиевый силикат и др.). 31. Кристаллические сцинтилляторы на основе силикатов и роль технологии в улучшении эксплуатационных характеристик.
----	---------	-----------------	--

			<p>32. Технология выращивания кристаллов из высокотемпературных раствор-расплавов (на примере КТР, ВВО и др.).</p> <p>33. Выращивание бездислокационных кристаллов кремния и германия больших диаметров.</p> <p>34. Раствор-расплавные кристаллы для устройств генерации гармоник неодимовых лазеров.</p> <p>35. Выращивание монокристаллов со структурой шеелита для детектирования гамма-излучения.</p> <p>36. Метод плавающего тигля в технологических процессах получения однородно легированных монокристаллов полупроводников.</p> <p>37. Сравнительный анализ однородности расплавных кристаллов при различных методах получения.</p> <p>38. Выращивание кристаллов кварца гидротермальным методом и связь морфологии кристаллов с внутренней структурой.</p> <p>39. Получение однородно легированных кристаллов сапфира и рубина методом Вернейля.</p> <p>40. Выращивание нелинейных кристаллов группы КДР для управления и генерации гармоник лазерного излучения.</p> <p>41. Выращивание кристаллов ниобата лития заданного состава для электро и нелинейной оптики и пьезотехники.</p> <p>42. Монокристаллы $Y_3Al_5O_{12}$ активированные ионами переходных металлов для твердотельных лазеров с перестраиваемой генерацией.</p> <p>43. Выращивание монокристаллов лантан-галлиевого силиката методом Чохральского.</p> <p>44. Кристаллические сцинтилляторы на основе силикатов лютеция, иттрия и гадолиния.</p> <p>45. Ортосиликат иттербия для регистрации ионизирующих излучений.</p> <p>46. Выращивание кристаллов германата висмута со структурой силленита для применения в пьезотехнике, опто и акустоэлектронике</p>
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 всем выполняемым работам и контрольным мероприятиям.			

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Розин К. М., Петраков В. С.	Кристаллофизика: учеб. пособие для студ. вузов	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л1.2	Блистанов А. А.	Кристаллы квантовой и нелинейной оптики: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Микроэлектроника и твердотельная электроника', ' Электроника и микроэлектроника'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л1.3	Портнов О. Г.	Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков. Выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2015

6.1.2. Дополнительная литература

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Хрущов М. М., Беркович Е. С., Чудаков Е. А.	Микротвердость, определяемая методом вдавливания: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1943
Л2.2	Келли А., Гровс Г., Шаскольский М. П.	Кристаллография и дефекты в кристаллах	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974
Л2.3	Вильке К.-Т., Рейхерт Л. А., Петров Т. Г., Пунин Ю. О.	Выращивание кристаллов	Библиотека МИСиС	СПб.: Недра, 1977
Л2.4	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л2.5	Кожитов Л. В., Зарапин А. Ю., Чиченев Н. А.	Технологическое вакуумное оборудование: В 2-х ч.: Ч.1.: Вакуумные системы технологического оборудования: Учебник для студ. напр. 651600 - Технол. машины и оборудование, спец. 170300 - Metallург. машины и оборудование	Библиотека МИСиС	М.: Руда и металлы, 2001
Л2.6	Нашельский А. Я.	Технология спецматериалов электронной техники: Учеб. пособие для техникумов по спец. 2001 'Технология материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1993
Л2.7	Блистанов А. А., Гераськин В. В.	Материалы и компоненты функциональной электроники: Разд.: Точечные дефекты в оптических кристаллах: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1990

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сергеев А. Г.	Сертификация: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2008
Л3.2	Федюков В. И., Тарасова О. Г., Салдаева Е. Ю., Носова А. Н., Цветкова Е. М.	Подтверждение соответствия и управление качеством продукции и услуг: учебное пособие	Электронная библиотека	Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015
Л3.3	Шаскольская М. П.	Кристаллография: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1976
Л3.4	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1990
Л3.5	Розин К. М., Закутайлов К. В.	Моделирование физических и технологических процессов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л3.6	Розин К. М.	Технология материалов и изделий электронной техники: лаб. практикум для студ. специализ. 'Техническая физика' (направление 553100)	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л3.7	Андреев Л. А., Новиков А. В., Новикова Е. А., Бокштейн Б. С.	Физика и химия твердого тела. Точечные дефекты в ионных кристаллах: Метод. указания для студ. спец. 070800	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.8	Антипов В. В., Розин К. М.	Технология материалов и изделий электронной техники: Выращивание монокристаллов из расплавов: Лаб. практикум для студ. направл. 553100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
ЛЗ.9	Диденко И. С., Козлова Н. С., Кугаенко О. М., Петраков В. С.	Физика реального кристалла: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
ЛЗ.10	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
ЛЗ.11	Быкова М. Б., Гореева Ж. А., Козлова Н. С., Подгорный Д. А.	Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017
ЛЗ.12	Пархоменко Ю. Н., Антипов В. В., Жуков Р. А., др.	Выращивание кристаллов. Выращивание кристаллических пленок методом магнетронного напыления: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Электронная Библиотека НИТУ "МИСиС" URL: http://elibrary.misis.ru/login.php	http://elibrary.misis.ru/login.php
Э2	Университетская библиотека On Line URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub	http://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub
Э3	Электронно-библиотечная система "Лань" URL: https://e.lanbook.com/	https://e.lanbook.com/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft Office
П.4	Win Pro 10 32-bit/64-bit

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	База данных по ионным радиусам элементов http://abulafia.mt.ic.ac.uk/shannon/ptable.php
И.2	База данных по оптическим свойствам веществ (показатели преломления, коэффициенты пропускания, отражения, экстинкции) https://refractiveindex.info/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-521	Учебная аудитория	набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office

К-415	Лаборатория	установка для выращивания водорастворимых кристаллов с кристаллизаторами (5шт.), катетометр В-630, микроскоп, вытяжной шкаф, сушильный шкаф / лабораторные стенды для исследования: свойств сегнетоэлектриков по петле гистерезиса, температурной зависимости диэлектрической проницаемости и потерь мостовым методом, доменной структуры сегнетоэлектрических кристаллов поляризационно-оптическим методом, пьезоэлектрических свойств динамическим методом; исследования генерации оптических гармоник в нелинейных оптических кристаллах; микротвердомер Tukon с ПК и лицензионным ПО
К-417	Научно-исследовательская лаборатория получения тонких пленок методом магнетронного напыления:	комплекс оборудования для послеростовой подготовки поверхности, установка магнетронного напыления Sunpla 40TM, оптический микроскоп ZEISS, система оптических исследований пленок (эллипсомер) Альфа-SE, настольная установка магнетронного напыления Denton Vacuum
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина «технология получения кристаллов» требует значительного объема самостоятельной работы студента. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. 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 НИТУ "МИСиС", а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой.

Подготовка к лабораторным занятиям предусматривает проработку теоретического материала по теме предстоящей лабораторной работы, изучение принципа действия прибора, блок-схемы измерительной установки, программы исследования. Результатом подготовки к лабораторной работе является домашняя заготовка отчета.