

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31 мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

**Высокоочищенные материалы для
инфракрасной оптики**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

18.04.01 – Химическая технология

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Химическая технология и материаловедение

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год набора

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Высокочистые материалы для инфракрасной оптики» Б1.В.03.04 относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, является дисциплиной профессионального цикла ОПОП по направлению подготовки 04.04.01 «Химия», является обязательной для освоения студентами очной формы обучения на первом году обучения в 1 семестре.

Целями освоения дисциплины является формирование совокупности знаний, умений и навыков: методов получения кристаллических и стеклообразных ИК материалов, влияния примесного состава на оптические и механические свойства этих материалов. Содержание курса предусматривает освещение развития ИК техники, требующей получения новых оптических материалов, обзор оптических, механических и теплофизических свойств ИК материалов, в том числе материалов для ИК лазеров, изучения методов получения пленочных и массивных кристаллических, в том числе керамических и стеклообразных материалов, физико-химические основы метода химического осаждения из газовой фазы, для обеспечения целостного представления о дисциплине как раздела, сочетающего фундаментальные и экспериментальные химические знания. Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее при дальнейшей практической деятельности в рамках выполнения квалификационных работ. Курс отвечает основным требованиям в плане решения задачи по совершенствованию обучения в высшей школе. Этот курс дает широкие знания фундаментальных положений науки, которые необходимы как для непосредственной работы по специальности, так и для понимания главных направлений химической науки и ее развития.

Задачами дисциплины являются систематическое изучение и усвоение студентами совокупности знаний физико-химических основ методов получения монокристаллических ИК материалов, особенностей механизмов влияния примесного состава на их оптические свойства, природы взаимодействия ИК излучения с различными материалами, умение использовать физико-химические представления для выбора методов получения материалов, имеющих различную природу, для выбора критериев определения примесного состава различных материалов при их использовании в ИК приборах и устройствах.

Теоретической базой, необходимой для успешного освоения курса «Высокочистые материалы для инфракрасной оптики», являются курсы неорганической, физической и аналитической химии, и дисциплины специализации «Экспериментальные методы неорганической химии» и «Летучие соединения элементов». Студенты должны владеть аппаратом математического анализа и физики в рамках общих курсов, преподаваемых на химическом факультете.

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1-н Способен планировать работу и выбирать адекватные методы	ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы	<i>Уметь связывать ключевые стадии процессов получения оптических материалов с оптическими, физическими и химическими свойствами веществ. <u>Знать</u> главные задачи и объекты исследования</i>	Устный опрос, экзамен

<p>решения научно-исследовательских задач в избранной области неорганической химии, химического материаловедения и/или смежных с химией науках</p>	отдельных стадий	<p>дисциплины; основные закономерности физико-химических явлений и процессов, протекающих при получении неорганических материалов с заданными характеристиками.</p> <p><u>Владеть</u> навыками составления планов научных исследований</p>	
	<p>ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p>	<p><u>Уметь</u> определять экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p> <p><u>Знать</u> стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, расчетно-теоретические методы оценки свойств систем, правила обработки и оформления результатов практической работы.</p> <p><u>Владеть</u> навыками безопасной работы в химической лаборатории; планирования, осуществления процессов синтеза и очистки неорганических веществ и материалов</p>	
<p>ПК-2-н</p> <p>Способен проводить информационные исследования в области неорганической химии, химического материаловедения и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных</p>	<p><u>Уметь</u> осуществлять корректный поиск специализированной информации по синтезу, очистке и исследованию физико-химических свойств неорганических веществ и материалов</p> <p><u>Знать</u> основные требования информационной безопасности при сборе, анализе, обработке и представлении информации.</p> <p><u>Владеть</u> навыками работы с информационными базами данных (в т.ч. патентными базами данных) для поиска специализированной информации по свойствам, методам получения, очистки и анализа неорганических веществ и материалов</p>	<p>Устный опрос, экзамен</p>
	<p>ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках</p>	<p><u>Уметь</u> составлять отчеты по результатам информационного поиска по тематике научно-исследовательской работы по заданной форме.</p> <p><u>Знать</u> основные требования представления информации химического содержания с учетом требований библиографии.</p> <p><u>Владеть</u> навыками анализа, обобщения и представления результатов информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии, химического материаловедения и/или смежных с химией науках.</p>	
<p>ПК-3-н. Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их</p>	<p>ПК-3-н-1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными</p>	<p><u>Уметь</u> систематизировать информацию, полученную в ходе НИР.</p> <p><u>Знать</u> основные способы систематизации результатов, полученных в ходе НИР.</p> <p><u>Владеть</u> методами анализа и обобщения информации и ее сопоставления с литературными данными.</p>	<p>Устный опрос, беседа</p>

практического применения и продолжения работ в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией науках	данными		
	ПК-3-н-2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<p><u>Уметь</u> определять возможные направления развития работ.</p> <p><u>Знать</u> способы оценки перспектив практического применения полученных результатов.</p> <p><u>Владеть</u> методами определения возможных направлений развития работ и оценки перспектив практического применения результатов.</p>	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения	очно-заочная форма обучения
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180	180
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	32
- занятия лабораторного типа	32	32
самостоятельная работа	60	60
Контроль	2	2
Промежуточная аттестация – экзамен	54	54

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	

	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная
Тема 1. Введение. Инфракрасное излучение тел. Источники ИК – излучения. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики	24	24	6	6			6	6	12	12	12	12
Тема 2. Кристаллические, керамические и стеклообразные ИК – материалы. Свойства. Применение.	24	24	6	6			6	6	12	12	12	12
Раздел 3. Методы получения ИК – материалов в виде массивных кристаллических заготовок	28	24	8	8			8	8	16	16	12	12
Раздел 4. Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах	24	24	6	6			6	6	12	12	12	12
Раздел 5. Материалы для ИК – лазеров. Стойкость оптических материалов к лазерному излучению	24	24	6	6			6	6	12	12	12	12
Контроль самостоятельной работы	2	2										
Промежуточная аттестация – экзамен	54	54										

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит традиционной форме зачета в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении

практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. По итогам проведения зачета определяется уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине, уровень понимания студентами изученного материала, способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

3.2.1. Введение. Инфракрасное излучение тел. Источники ИК – излучения. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики

Природа инфракрасного (ИК) излучения. Спектр и свойства ИК излучения. Естественные и искусственные источники ИК излучения. Эталонные источники ИК излучения. Источники излучения для технических применений. ИК лазеры. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики.

3.2.2. Кристаллические, керамические и стеклообразные ИК – материалы. Свойства. Применение.

Строение, особенности получения и использования кристаллических и стеклообразных ИК - материалов. Галиды щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI). Фториды щелочноземельных металлов (CaF₂, MgF₂, BaF₂). Полупроводниковые оптические кристаллы. Простые (германий, кремний, углерод(алмаз), теллур, селен). Сложные полупроводниковые материалы A₂B₆ (ZnSe, ZnS, CdS, TeCd), A₃B₅ (AsGa, InAs, InF и др.). Другие классы материалов, применяемых в ИК – оптике.

3.2.3. Методы получения ИК – материалов в виде массивных кристаллических заготовок

Физико-химические основы методов получения ИК материалов в виде массивных заготовок. Выращивание из расплава. Выращивание из раствора в расплаве. Выращивание кристаллов из водных растворов. Гидротермальный метод. Физическое осаждение из пара (сублимация в высоком вакууме, PVD). Горячее прессование. Метод химического осаждения из газовой фазы (CVD). Кинетические закономерности CVD – процессов. Гетерогенная кинетика и массоперенос. Структура и однородность CVD-осадков. Влияние условий осаждения на морфологию и кристаллическую структуру CVD-материалов. Сравнительная характеристика методов и особенности получения крупногабаритных заготовок.

3.2.4. Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах

Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах. Механизм возникновения оптических потерь. Собственные оптические потери. Собственное и решеточное поглощение. Поглощение на свободных носителях. Собственные потери на рассеяние. Несобственные оптические потери. Влияние примесей на поглощение. Оптические потери, связанные с колебательными переходами. Оптические потери, связанные с рассеянием на крупных включениях. Высокопрозрачные материалы для ИК – оптики.

3.2.5. . Материалы для ИК – лазеров Стойкость оптических материалов к лазерному излучению

Механизмы разрушения материалов под воздействием лазерного излучения. Критерии лучевой прочности материалов. Классификация лазерных материалов. Перспективные материалы для окон мощных инфракрасных лазеров. Получение тонкопленочных ИК материалов и их свойства. Функциональное назначение покрытий (интерференционные,

защитные покрытия). Требования к покрытиям, методы получения и расчет интерференционных покрытий. Разработка методик получения интерференционных покрытий на ОЭ.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского и лабораторного типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме в виде комплексного экзамена в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

3.3. Лабораторный практикум.

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование лабораторной работы
1	1	Современные микропроцессорные системы для контроля температуры.
2	4	Определение взвешенных частиц в жидкостях методом лазерной ультрамикроскопии.
3	2	Синтез высокочистого халькогенидного стекла
4	4	Определение ширины запрещенной зоны по краю коротковолнового поглощения.
5	4	Инфракрасная спектроскопия халькогенидных стекол.
6	4	Определение примеси оптически активного кислорода в кристаллическом кремнии методом ИК Фурье-спектроскопии.
7	3	Газохроматографическое определение хлорированных органических веществ в высокочистых галогенидах кремния, германия и фосфора
8	3	Высокотемпературная газостатическая обработка оптических материалов.
9	5	Получение тонкопленочных покрытий на ИК материалах методом электроннолучевого испарения.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится устный опрос (собеседование) при сдаче допусков к лабораторным работам, проверка отчетов, подготовленных студентами, по темам лабораторных занятий. Отчеты по лабораторным работам представляют собой документ о работе студента в течение семестра. Наличие зачтенных преподавателем отчетов является необходимым условием допуска студента к сдаче зачета и экзамена по дисциплине..

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к собеседованию и лабораторным работам.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы (задания)

вопросы	Код формируемой компетенции
<p>Тема 1. Введение. Инфракрасное излучение тел. Источники ИК – излучения. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики</p> <p>Спектр и свойства инфракрасного (ИК) излучения. Инфракрасное излучение нагретых тел. Материалы для ИК – техники. Классификация ИК–материалов. Кристаллические и стеклообразные материалы. Использование ИК – излучения в научных и практических целях. Источники ИК – излучения. Эталонные источники излучения. Источники излучения для технических применений. ИК лазеры. Классификация и общая характеристика материалов для инфракрасной оптики.</p>	ПК-1-н

<p>Тема 2. Кристаллические, керамические и стеклообразные ИК – материалы. Свойства. Применение. Строение, особенности получения и использования кристаллических и стеклообразных ИК-материалов. Галиды щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI). Фториды щелочноземельных металлов (CaF₂, MgF₂, BaF₂). Полупроводниковые оптические кристаллы. Простые (германий, кремний, углерод(алмаз), теллур, селен). Сложные полупроводниковые материалы A₂B₆ (ZnSe, ZnS, CdS, TeCd), A₃B₅ (AsGa, InAs, InF и др.). Другие классы материалов, применяемых в ИК – оптике.</p>	<p>ПК-1-н</p>
<p>Тема 3. Методы получения ИК – материалов в виде массивных кристаллических заготовок Выращивание массивных заготовок ИК материалов из расплава. Выращивание кристаллов из раствора в расплаве. Выращивание кристаллов из водных растворов. Физико-химические аспекты гидротермального метода. Физическое осаждение из пара (сублимация в высоком вакууме, PVD). Горячее прессование. Метод химического осаждения из газовой фазы (CVD). Кинетические закономерности CVD – процессов. Гетерогенная кинетика и массоперенос. Структура и однородность CVD-осадков. Влияние условий осаждения на морфологию и кристаллическую структуру CVD-материалов. Сравнительная характеристика методов и особенности получения крупногабаритных заготовок.</p>	<p>ПК-2-н</p>
<p>Тема 4. Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах Оптические свойства инфракрасных материалов. Поглощение и рассеяние электромагнитного излучения в оптических средах. Механизм возникновения оптических потерь. Собственные оптические потери. Собственное и решеточное поглощение. Поглощение на свободных носителях. Собственные потери на рассеяние. Несобственные оптические потери. Влияние примесей на поглощение. Оптические потери, связанные с колебательными переходами. Оптические потери, связанные с рассеянием на крупных включениях.</p>	<p>ПК-1-н</p>
<p>Тема 5. Материалы для ИК – лазеров Стойкость оптических материалов к лазерному излучению Механизмы разрушения материалов под воздействием лазерного излучения. Критерии лучевой прочности материалов. Классификация лазерных материалов. Перспективные материалы для окон мощных инфракрасных лазеров. Получение тонкопленочных ИК материалов и их свойства. Функциональное назначение покрытий (интерференционные, защитные покрытия). Требования к покрытиям, методы получения и расчет интерференционных покрытий. Разработка методик получения интерференционных покрытий на ОЭ.</p>	<p>ПК-2-н</p>

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции.

1. Рассчитать фундаментальный край поглощения и спектр оптического пропускания кремния в интервале прозрачности материала. Ширина запрещенной зоны Si - 1,1эВ, показатель преломления $n = 3,45$.
2. Определить содержание активных атомов (см-3) в лазерном материале при массовой концентрации допанта 0, 25 %, масс.
3. Поглощение кварцевого световода на длине волны 1,55 мкм составляет 0,2 Дб/км. На какой длине световода интенсивность входного сигнала уменьшится на три порядка.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции.

При изучении дисциплины «Высокочистые материалы для инфракрасной оптики» студенты получают следующие знания, умения и владения в рамках освоения компетенций **ПК-1-н, ПК-2-н:**

ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.

ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.

ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.

ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии, оптического материаловедения и/или смежных с химией наук.

Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции **ПК-1-н:**

1. Перечислите признаки, которые можно использовать для классификации методов выращивания объемных ИК-материалов.
2. Какие термодинамические функции возможно использовать для оценки возможности протекания процессов химического осаждения из газовой фазы?
3. Назовите основные механизмы примесного поглощения в кристаллах.
4. Опишите виды и требования к тонкопленочным покрытиям на оптических элементах, способы их получения.
5. Назовите отличие в строении и свойствах кристаллических и стеклообразных ИК-материалов
6. Назовите три основных условия, необходимые для работы лазера.
7. Что такое стимулированное излучение и инверсия населенности среды.
8. Перечислите основные классы материалов, которые используют для твердотельных ИК – лазеров.
9. Назовите основные способы накачки, используемые для газовых ИК – лазеров.
10. Опишите принцип работы химических лазеров на примере HF-лазера..
11. Перечислите основные механизмы объемного разрушения лазерных материалов.
12. Какие требования предъявляются к порошкам для оптической керамики.
13. Перечислите основные способы получения порошков для синтеза керамических материалов.
14. Что описывает уравнение Томсона-Кельвина.
15. Перечислите основные механизмы, реализуемые при спекании порошковых тел.
16. Что такое «внешнее» и «внутреннее» спекание.
17. Что такое коалесценция пор?
18. Какую информацию можно получить из спектров ИК пропускания и комбинационного рассеяния материалов?

Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции **ПК-2-н:**

1. На каких физико-химических свойствах основаны методы получения галидов щелочных металлов (ЩГК – NaCl, KCl, KBr, CsBr, CsI).
2. Сравните оптические свойства фторидов щелочноземельных металлов (CaF₂, MgF₂, BaF₂).
3. Каковы характерные особенности свойств простых полупроводниковых оптических кристаллов (германий, кремний) и их использования в ИК оптике?
4. Основные проблемы выращивания массивных материалов (ZnSe, ZnS, CdS, SiC) методом химического осаждения из газовой фазы.
5. В чем отличие метода выращивания кристаллов из расплава от выращивания из раствора в расплаве.
6. Основные физико-химические процессы, происходящие при выращивании кристаллов из расплава.

7. Выбор оптимальных условий для выращивания кристаллов из водных растворов. Объясните на примере диаграммы Оствальда-Майерса.
8. Приведите примеры использования гидротермального метода для синтеза кристаллов.
9. Назовите основные закономерности процессов, происходящих при выращивании кристаллов методом физического осаждения из пара (PVD).
10. В чем отличие метода горячего прессования от искрового плазменного спекания?
11. Опишите основные макрокинетические параметры процессов химического газофазного осаждения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гаврищук Е.М. Материалы для инфракрасной оптики. Получение. Свойства. Применение: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 208 с. Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru>
2. Ю. Айхлер, Г.И. Айхлер. Лазеры. Исполнение, управление, применение. М.: Техносфера, 2012. 496 с. Режим доступа: <http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=10&IdField=17152&DB=1>
3. Морозова Н., Мидерос Д., Данилевич Н. Кислород в оптике соединений II-VI. В свете теории антипересекающихся зон. LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken. Германия. 2013. 203 с.

б) дополнительная литература:

1. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.:МИСИС. 2003. 480 с.
2. Горилецкий В.И., Гринев Б.В., Заславский Б.Г., Смирнов Н.Н. Рост кристаллов. Харьков: Акта. 2002. 536 с.
3. Комарь В.К., Пузиков В.М. Монокристаллы группы АІІВVI. Выращивание, свойства, применение. Харьков: Институт монокристаллов. 2002. 244 с.
4. Гаврищук Е.М. Поликристаллический селенид цинка для инфракрасной оптики. Неорганические материалы. 2003. Т.39. №9. С.1031-1049.
5. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа. 2000. 494 с.
6. Блистанов А.А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.:МИСИС. 2000. 432 с.
7. Справочник по инфракрасной технике в 4 томах. Под ред. У. Волфа, Г. Цисиса. М. «Мир». 1995 – 2000г.
8. Н. О. Pierson «Handbook of Chemical Vapor Deposition (CVD)». Noyes Publications. William Andrew Publishing, LLC Norwich, New York, U.S.A. 1999. 482 p.
9. Аскоченский А.А. Оптические материалы для инфракрасной техники. М.: Наука, 1995. 310 с.
10. Т. Кацуяма, Х. Мацумура. Инфракрасные волоконные световоды // М.:Мир. 1992. 272 с.
11. А.Фельц. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М.: Мир, 1986. 556 с.
12. Криксунов Л. З. Справочник по основам ИК техники. М.:Сов. Радио. 1978. 400 с.
13. Г. Г. Девярых, М. Ф. Чурбанов. Высокочистые халькогены. Монография. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета. 1977. 244 с.
14. Левитин И.Б. Инфракрасная техника. Л.: Энергия. 1973. 160 с.
15. Ж. Панков Оптические процессы в полупроводниках. М.: Мир. 1973. 456 с.
16. Осаждение из газовой фазы. Пер с англ. под ред. К. Пауэлла. М.:Атомиздат. 1970. 472 с.

17. Е. М. Воронкова, Б. Н. Гречушников, Г. И. Дистлер, И. П. Петров Оптические материалы для ИК техники. М.:Наука. 1965. 336 с.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории с вместимостью 20 человек для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, аудитории 314 и 315 корп. КВОЧ 2 ИХВВ РАН, Блок А) оснащены оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач).

Помещения для выполнения практических, курсовых, дипломных работ обучающихся располагаются в лабораторных корпусах КВОЧ 1 и КВОЧ 2 и оснащены специальным лабораторным оборудованием

- Микроскоп AXIOPLAN 2, фирма «Carl Zeiss», Германия с цифровой видеокамерой.
- Синхронный термоанализатор STA 409 PC Luxx фирмы NETZSCH, Германия.
- Хромато-масс-спектрометр для анализа смесей летучих соединений 6890/5973N, фирма «Agilent», США.
- ИК спектрометры с Фурье преобразованием IFS-113v, IFS-120, Фирма «Camebax», Франция.
- Установка газостатическая лабораторная, УГЛ 2000.
- Установка для определения концентрации неомогенных частиц в высокочистых веществах методом лазерной ультрамикроскопии.
- Установка для определения удельного сопротивления полупроводниковых материалов четырехзондовым методом.
- Установка для определения поглощения в твердых прозрачных оптических средах методом фототермической спектроскопии.
- Вакуумная печь СНВЭ 1.3/2.0 с вольфрамовыми нагревателями.
- Пресс для горячего прессования.
- Установки вакуумного нанесения интерференционных покрытий на оптические элементы ВУ-1А, ВУ-2М.
- Двухцветный пирометр М780 и яркостный пирометр «Accufiber», М10.
- Установки для измерения коэффициентов поглощения в ИК диапазоне и светорассеяния материалов.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

Автор д.х.н., проф. Д.А. Пермин

Рецензент д.х.н., зав. лабораторией ИХВВ РАН Ю. П. Кириллов

И.о.заведующего кафедрой к.х.н. _____ Д.А. Пермин

Программа одобрена на заседании методической комиссии химического факультета от 7 мая 2023 года, протокол № 7.