



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП


(подпись)

Тананаев И.Г.
(Ф.И.О.)



ТВЕРЖДАЮ

Директор департамента ядерных технологий


(подпись)

Тананаев И.Г.
(Ф.И.О.)

19 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов
Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Перспективные материалы и технологии материалов
(совместно с НИЦ "Курчатовский институт" и ИХ ДВО РАН)
Форма подготовки очная

курс 1 семестр 2
лекции 10 час.
практические занятия 00 час.
лабораторные работы 36 час.
всего часов аудиторной нагрузки 46 час.
самостоятельная работа 98 час.
зачет 2 семестр
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 24 апреля 2018 г. № 306.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента ядерных технологий Института наукоемких технологий и передовых материалов
протокол № 3 от « 19 » декабря 2021 г.
Директор департамента ядерных технологий Тананаев И. Г.
Составитель: канд. тех. наук, проф., Косьянов Д.Ю.

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента ядерных технологий:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор ДЯТ ИНТПМ _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента ядерных технологий:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор ДЯТ ИНТПМ _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента ядерных технологий:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор ДЯТ ИНТПМ _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента ядерных технологий:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор ДЯТ ИНТПМ _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

I Цели и задачи освоения дисциплины:

Курс «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» посвящен вопросам технологий создания и изучения свойств ключевых типов оптических керамических материалов в зависимости от их микроструктуры и структурно-фазового состава. Освещена роль передовых оптических керамик в различных отраслях промышленности (микроэлектроника, медицина, лазерная и осветительная техника, технологии связи, авиация и др.).

Знания, полученные при изучении дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов», могут быть использованы для решения различных технологических задач в рамках учебных дисциплин, при выполнении квалификационных работ.

Цель: ознакомление студентов с физико-химическими основами создания перспективных оптических керамических материалов, их структурно-фазового состояния и свойств. Их практическое применение актуально при решении вопроса повышения точности измерения расстояний (оптическая локация), реализации новых режимов обработки материалов, создания качественно новых носителей оптической информации и медицинского оборудования, ИК окон, сверхпрочных прозрачных покрытий, высокоомощных светодиодов (направление Н1 Стратегии НТР РФ).

Задачи:

- ознакомить студентов с классическими представлениями об оптических материалах в форме керамик, монокристаллов и стекол. Очертить плюсы и минусы применения данных форм материалов в промышленности;
- ознакомить студентов с основными подходами по созданию керамических материалов оптического качества;
- ознакомить студентов с возможностями управления структурно-фазовым состоянием, микроструктурой и свойствами оптических керамик при спекании;
- ознакомить студентов с методами анализа структурно-фазового состояния, микроструктуры, физико-механических характеристик, оптических и др. свойств оптических керамических материалов.

Основой для изучения дисциплины необходимы знания, полученные после изучения важных для понимания курсов: «Общая и неорганическая химия», «Физика», «Физическая химия» бакалавриата.

Для успешного изучения дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ПК-2 – Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения;

ПК-3 – Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности;

ПК-5 – Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-2 – Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения	ПК-2.1 – Осуществляет рациональный выбор материалов, оптимизирует их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.
	ПК-3 – Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности
Технологический	ПК-5 – Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам;
		ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекция-презентация, проблемная лекция, лекция с разбором конкретных ситуаций.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	
	ПК-2.1 – Осуществляет рациональный выбор материалов, оптимизирует их расходование на основе	Знает
Умеет		Верно соотносить потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	
анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.		керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения
	Владеет навыками	Самостоятельно определить кристаллическое строение оптического материала в зависимости от его состава, описать его оптические свойства
ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает	Последовательность ключевых операций в базовых методах получения керамических порошков и оптических керамик на их основе
	Умеет	Верно подбирать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту
	Владеет навыками	Самостоятельно разобраться в технологических операциях в рамках базовых методов получения керамических порошков и оптических керамик на их основе
ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам;	Знает	Метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от поставленных задач при испытаниях
	Умеет	Верно определить оптимальный метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью
	Владеет навыками	Самостоятельно провести оценку качества керамических порошков и оптических керамик на их основе (их структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик)
ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Знает	Основные положения физики спекания, способов контроля микроструктуры оптических керамических материалов
	Умеет	Выявить взаимосвязь микроструктуры керамического материала с условиями получения ее прекурсоров и параметрами спекания
	Владеет навыками	Применять подходы и методы, необходимые для построения и интерпретации траекторий спекания; методы анализа спектроскопических и физико-механических характеристик оптических керамик

II Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 зачётных единиц (4 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося			Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	СР	
1	Оптические керамические материалы: введение	2	2	10	30	Вопросы к зачёту № 1-14
2	Нанопорошки – прекурсоры оптических керамик	2	2	6	16	Вопросы к зачёту № 1-14, 22-23, 32-41
3	Передовые керамические технологии в оптическом материаловедении	2	4	12	16	Вопросы к зачёту № 15-23, 32-41
4	Базовые методы анализа свойств оптических керамик	2	2	8	36	Вопросы к зачёту № 2-17, 42-48
	Итого:		10	36	98	

III СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Структура теоретической части курса

Теоретическая часть курса направлена на освещение основных положений дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» в лекционной форме. В дальнейшем самостоятельная проработка конспектов лекций позволяет освоить базовые технологических подходы и методы для их применения на практике.

Лекционные занятия (10 час.)

РАЗДЕЛ I. Оптические керамические материалы: введение (2 час.)

ТЕМА 1. Выбор оптического материала (1 час.)

История создания прозрачных (оптических) материалов. Области практического применения. Требования к материалу как к оптической среде.

ТЕМА 2. Монокристалл, керамика или стекло? (1 час.)

Центры рассеяния света в поликристаллической среде. Керамический твердый раствор. Кристаллография оксидов РЗЭ. Нанокерамика. Соотношение Холла-Петча. Изо- и гетеровалентное замещение.

РАЗДЕЛ II. Нанопорошки – прекурсоры оптических керамик (2 час.)

Интерактивная форма: проблемная лекция, лекция с разбором конкретных ситуаций

Требование к порошкам как прекурсорам оптических керамик. Фазовый состав, химическая чистота, морфология и гранулометрический состав порошков. Активность порошков к спеканию. Базовые методы получения порошков контролируемой морфологии. Проблемы расстехиометрии состава. Золь-гель технология. Химическое осаждение частиц из растворов солей. Самораспространяющийся синтез. Механохимический синтез. Микроволновой синтез. Выходной контроль порошка.

РАЗДЕЛ III. Передовые керамические технологии в оптическом материаловедении (4 час.)

ТЕМА 1. Базовые технологии создания оптических керамик (2 час.)

Интерактивная форма: проблемная лекция, лекция с разбором конкретных ситуаций

Спекание в вакууме. Горячее изостатическое прессование. Спекание в электрическом поле. Спекание в микроволновом поле

ТЕМА 2. Стратегии управления микроструктурой керамик (2 час.)

Интерактивная форма: проблемная лекция, лекция с разбором конкретных ситуаций

Контроль мезоструктуры компакта. Применение спекающих добавок и допирование. Спекание под давлением. Двухступенчатое спекание. Пост-отжиг керамик.

РАЗДЕЛ IV. Базовые методы анализа свойств оптических керамик (2 час.)

Морфология. Пористость. Структурно-фазовое состояние. Оптические свойства. Физико-механические характеристики.

IV СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Структура практической части курса

Практическая часть курса по освоению дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» заключается в разборе решений задач обучающимися, представления ими отдельных небольших тем на практических занятиях при сопровождении преподавателя. В рамках практической части применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: работа в малых группах с разбором конкретных ситуаций.

Лабораторные работы (36 час.)

ТЕМА 1. Монокристалл, керамика или стекло?

Лабораторная работа 1 (4 час.)

Комплексный сравнительный анализ характеристик широко известных монокристаллов, керамик и стекол аналогичных составов.

ТЕМА 2. Характеристики оптической керамики в зависимости от области практического применения.

Лабораторные работы 2-3 (6 час.)

Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)

Анализ областей применения керамик на основе иттрий-алюминиевого граната, алюмомагниевого шпинели, и твердых растворов на их основе. Выявление взаимосвязи состава материала с диапазоном длин волн его оптической прозрачности.

ТЕМА 3. Контроль параметров керамических порошков.

Лабораторные работы 4-5 (6 час.)

Интерактивная форма: работа в малых группах (2 час.)

Входной контроль параметров керамических порошков – ознакомление с методами азотной и ртутной порометрии, лазерной нефелометрии, сканирующей электронной микроскопии. Расчет среднего размера частиц.

ТЕМА 4. Физико-химия спекания порошков оксидов.

Лабораторные работы 6-7 (8 час.)

Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)

Схема развития твердотельного взаимодействия. Движущие силы диффузии. Анализ движущих сил твердотельного спекания, поиск путей их активации.

ТЕМА 5. Эволюция морфологии керамик при спекании.

Лабораторные работы 8-9 (6 час.)

Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)

Интерпретация траектории спекания. Нормальная/аномальная зависимость размера зерна от плотности. Расчет энергии активации роста зерна и уплотнения по экспериментальным данным. Рекристаллизация. Внутризеренная и зернограничная пористость.

ТЕМА 6. Методы анализа характеристик образцов оптических керамик.

Лабораторные работы 10-11 (6 час.)

Интерактивная форма: работа в малых группах (1 час.)

Интерпретация спектров оптического пропускания. Микро- и наноиндентирование. Расчет микротвердости, модуля упругости, и коэффициента трещиностойкости керамик. Определение теплопроводности.

V СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа включает в себя разбор конспектов лекционного материала и предварительной индивидуальной и/или групповой подготовки предполагаемых к разбору на семинарских занятиях тем, задач.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика твердого тела» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа (98 час.)

ТЕМА 1. Монокристалл, керамика или стекло?

Самостоятельная работа (10 час.)

Задания: Комплексный сравнительный анализ характеристик широко известных монокристаллов, керамик и стекол аналогичных составов (3 состава на выбор).

ТЕМА 2. Характеристики оптической керамики в зависимости от области практического применения.

Самостоятельная работа (16 час.)

Задания: Анализ областей применения керамик оксидов редкоземельных элементов, и твердых растворов на их основе. Выявление взаимосвязи состава материала с диапазоном длин волн его оптической прозрачности.

ТЕМА 3. Контроль параметров керамических порошков.

Самостоятельная работа (18 час.)

Задания: Расчет навесок порошков при формировании составов керамических твердых растворов определенной стехиометрии. Расчет потерь при прокаливании. Расчет навески для компакта определенной геометрии.

ТЕМА 4. Физико-химия спекания порошков оксидов.

Самостоятельная работа (18 час.)

Задания: Влияние однородности упаковки частиц и размера частиц на активность порошков к спеканию. Реакционное спекание.

ТЕМА 5. Эволюция морфологии керамик при спекании.

Самостоятельная работа (18 час.)

Задания: Расчет среднего размера зерна. Определение плотности керамик гидростатическим и геометрическим методами. Анализ данных РФА. Закон Вегарда.

ТЕМА 6. Методы анализа характеристик образцов оптических керамик.

Самостоятельная работа (18 час.)

Задания: Анализ границ зерен методом атомно-силовой микроскопии. Построение 3Д модели остаточной пористости оптических керамик по данным конфокальной лазерной сканирующей микроскопии, методы расчета остаточной пористости.

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Дата/сроки выполнения	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	Задания для самостоятельной работы к теме 1	1-3 неделя	12 часов	Лабораторные работы
2	Задания для самостоятельной работы к теме 2	4-6 неделя	20 часов	Лабораторные работы
3	Задания для самостоятельной работы к теме 3	7-9 неделя	20 часов	Лабораторные работы
4	Задания для самостоятельной работы к теме 4	10-12 неделя	20 часов	Лабораторные работы
5	Задания для самостоятельной работы к теме 5	13-15 неделя	20 часов	Лабораторные работы
6	Задания для самостоятельной работы к теме 6	16-18 неделя	20 часов	Лабораторные работы

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Основным результатом самостоятельной работы по дисциплине «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» является решение задач и разбор конкретных ситуаций студентами на практических занятиях при минимальной помощи преподавателя.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общими критериями оценки результатов самостоятельной работы студентов являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать её и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать её.

VI КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	РАЗДЕЛ I. Оптические керамические материалы: введение	ПК-2.1 – Осуществляет рациональный выбор материалов, оптимизирует их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологически последствий применения.	Знает области и приложения, в которых могут найти применения оптические керамические материалы (в зависимости от их состава и структуры)	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 1-14
			Умеет верно соотносить потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения	Устный опрос (УО-1)	
			Владеет навыками самостоятельного определения кристаллического строения оптического материала в зависимости от его состава, описания его оптических свойств	Решение задач (ПР-11)	
2	РАЗДЕЛ II. Нанопорошки – прекурсоры	ПК-3.1 – Разрабатывает	Знает последовательность ключевых операций в базовых методах получения	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 1-14, 22-23, 32-41

	оптических керамик	рекомендации и по составу и способам обработки конструкций, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	керамических порошков и оптических керамик на их основе Умеет верно подбирать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту Владеет навыками самостоятельного исследования технологических операций в рамках базовых методов получения керамических порошков и оптических керамик на их основе	Устный опрос (УО-1) Решение задач (ПР-11)	
3	РАЗДЕЛ III. Передовые керамические технологии в оптическом материаловедении	ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации и по составу и способам обработки конструкций, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Знает основные положения физики спекания, способов контроля микроструктуры оптических керамических материалов Умеет выявить взаимосвязь микроструктуры керамического материала с условиями получения ее прекурсоров и параметрами спекания Владеет навыками применения подходов и методов, необходимых для построения и интерпретации траекторий спекания; методов анализа спектроскопических и физико-механических характеристик оптических керамик	Конспект (ПР-7) Устный опрос (УО-1) Решение задач (ПР-11)	Вопросы к зачёту № 15-23, 32-41
4	РАЗДЕЛ IV. Базовые методы анализа свойств оптических керамик	ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребителям характеристикам	Знает метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от поставленных задач при испытаниях Умеет верно определить оптимальный метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью Владеет навыками самостоятельной оценки качества керамических	Конспект (ПР-7) Устный опрос (УО-1) Решение задач (ПР-11)	Вопросы к зачёту № 2-17, 42-48

			порошков и оптических керамик на их основе (их структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик)		
--	--	--	--	--	--

VII СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Kong, L.B. Transparent Ceramics / L.B. Kong, Y. Huang W. Que, T. Zhang, S. Li, J. Zhang, Z. Dong, D. Tang. – Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 734 pp. ISBN: 978-3-319-18955-0. doi: 10.1007/978-3-319-18956-7;
2. Rahaman, M.N. Ceramic Processing. 2nd ed. / M.N. Rahaman. – USA: CRC Press, 2017. – 550 pp. eBook ISBN: 978-1-315-15716-0. doi: 10.1201/9781315157160.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Binary Rare Earth Oxides / Edited by G. Adachi, N. Imanaka, Z.C. Kang. – Springer Netherlands, 2004. – 257 pp. eBook ISBN: 1-4020-2569-6. doi: 10.1007/1-4020-2569-6;
2. Kang, S.-J. L. Sintering: Densification, Grain Growth, and Microstructure / S.-J. L. Kang. – England: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004. – 280 pp. ISBN: 07506 63855;
3. Ring, T.A. Fundamentals of ceramic powder processing and synthesis / T.A. Ring. – USA: Academic Press, Inc., 1995. – 962 pp. ISBN: 0-12-588930-5.

Перечень ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Xiao, Z. Materials development and potential applications of transparent ceramics: A review / Z. Xiao, S. Yu, Y. Li, S. Ruan, L.B. Kong, Q. Huang, Z. Huang, K. Zhou, H. Su, Z. Yao, W. Que, Y. Liu, T. Zhang, J. Wang, P. Liu, D. Shen, M. Allix, J. Zhang, D. Tang // Materials Science and Engineering: R: Reports. – England: Elsevier B.V., 2020. – V. 139. P. 100518. doi:10.1016/j.mser.2019.100518;
2. Guillon, O. Field-Assisted Sintering Technology/ Spark Plasma Sintering: Mechanisms, Materials, and Technology Developments / O. Guillon, J. Gonzalez-

Julian, B. Dargatz, T. Kessel, G. Schierning, J.R.M. Herrmann // *Advanced Engineering Materials*. – Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014. – V. 139. P. 830-849. doi:10.1002/adem.201300409;

3. Wang, S.F. *Transparent ceramics: Processing, materials and applications* / S.F. Wang, J. Zhang, D.W. Luo, F. Gu, D.Y. Tang, Z.L. Dong, G.E.B. Tan, W.X. Que, T.S. Zhang, S. Li, L.B. Kong // *Progress in Solid State Chemistry*. – Netherlands: Elsevier Ltd., 2013. – V. 41. P. 20-54. doi:10.1016/j.progsolidstchem.2012.12.002.

VIII МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия по курсу «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» ориентированы на освещение физико-химических основ создания перспективных оптических керамических материалов, особенностей их структурно-фазового состояния и свойств, и призваны сориентировать студентов в теоретическом материале, заложить научно-практические и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Дополнительная информация по изучаемым разделам может быть получена при самостоятельном изучении рекомендованной литературы.

Важнейшим компонентом работы студента является разбор конкретных технологических ситуаций и решений, практическое решение задач на различные темы по физике спекания, методам структурного анализа. Задания выполняются как на аудиторных занятиях, так и в рамках предусмотренной самостоятельной работы (домашние задания).

Самостоятельная работа является важнейшей компонентой изучения дисциплины «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» и состоит, помимо выполнения заданий, в изучении конспектов лекций и рекомендованной литературы.

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины в форме зачёта и позволяет определить развитие компетенций, предусмотренных для ОПОП.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины.

IX МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным

обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы ¹	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
D208/347, D303, D313а, D401, D453, D461, D518, D708, D709, D758, D761, D762, D765, D766, D771, D917, D918, D920, D925, D576, D807	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, аудиопроигрывателем	
D229, D304, D306, D349, D350, D351, D352, D353, D403, D404, D405, D414, D434, D435, D453, D503, D504, D517, D522, D577, D578, D579, D580, D602, D603, D657, D658, D702, D704, D705, D707, D721, D722, D723, D735, D736, D764, D769, D770, D773, D810, D811, D906, D914, D921, D922, D923, D924, D926	2 этаж, пом № 135, Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления	
D207/346	Мультимедийная аудитория: Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления),	
D226	Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления), D362 (профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема	

¹ В соответствии с п.4.3. ФГОС

	аудиокоммутации и звукоусиления; Компьютерный класс на 15 посадочных мест	
D447, D448, D449, D450, D451, D452, D502, D575	Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления	
D446, D604, D656, D659, D737, D808, D809, D812	Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; Компьютерный класс; Рабочее место: Компьютеры (Твердотельный диск - объемом 128 ГБ; Жесткий диск - объем 1000 ГБ; Форм-фактор – Tower); комплектуется клавиатурой, мышью. Монитором AOC i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) Модель - M93p 1; Лингафонный класс, компьютеры оснащены программным комплексом Sanako study 1200	
D501, D601	Мультимедийная аудитория: Проектор Mitsubishi EW330U, Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG, подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; Компьютерный класс на 26 рабочих мест. Рабочее место: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK	
Помещения для самостоятельной работы:		
A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой; Устройство портативное для чтения плоскопечатных текстов PEa1; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition;	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к

	<p>Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
--	---	--

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Перечень форм оценивания

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	РАЗДЕЛ I. Оптические керамические материалы: введение	ПК-2.1 – Осуществляет рациональный выбор материалов, оптимизирует их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.	Знает области и приложения, в которых могут найти применения оптические керамические материалы (в зависимости от их состава и структуры)	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 1-14
			Умеет верно соотнести потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения	Устный опрос (УО-1)	
			Владет навыками самостоятельного определения кристаллического строения оптического материала в зависимости от его состава, описания его оптических свойств	Решение задач (ПР-11)	
2	РАЗДЕЛ II. Нанопорошки – прекурсоры оптических керамик	ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации и по составу и способам обработки	Знает последовательность ключевых операций в базовых методах получения керамических порошков и оптических керамик на их основе	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 1-14, 22-23, 32-41

		конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Умеет верно подбирать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту	Устный опрос (УО-1)	
			Владеет навыками самостоятельного исследования технологических операций в рамках базовых методов получения керамических порошков и оптических керамик на их основе	Решение задач (ПР-11)	
3	РАЗДЕЛ III. Передовые керамические технологии в оптическом материаловедении	ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации и по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Знает метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от поставленных задач при испытаниях	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 15-23, 32-41
			Умеет верно определить оптимальный метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью	Устный опрос (УО-1)	
			Владеет навыками самостоятельной оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе (их структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик)	Решение задач (ПР-11)	
4	РАЗДЕЛ IV. Базовые методы анализа свойств оптических керамик	ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребителям характеристикам	Знает области и приложения, в которых могут найти применения оптические керамические материалы (в зависимости от их состава и структуры)	Конспект (ПР-7)	Вопросы к зачёту № 2-17, 42-48
			Умеет верно соотносить потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его	Устный опрос (УО-1)	

			предполагаемого практического применения		
			Владет навыками самостоятельного определения кристаллического строения оптического материала в зависимости от его состава, описания его оптических свойств	Решение задач (ПР-11)	

Оценочные средства для текущего контроля

Примеры задач

ТЕМА 1. Монокристалл, керамика или стекло?

Согласно литературным данным составить сводную таблицу и сравнить ключевые характеристики иттрий-алюминиевого граната в форме керамики, стекла и монокристалла.

ТЕМА 2. Характеристики оптической керамики в зависимости от области практического применения.

Выбрать три состава оптических керамик в качестве активного лазерного элемента при длинах волн излучения более 1.1 мкм.

ТЕМА 3. Контроль параметров керамических порошков.

Распишите последовательность операций при определении потерь при прокаливании порошка.

ТЕМА 4. Физико-химия спекания порошков оксидов.

Нарисуйте схему развития твердотельного взаимодействия между частицами оксидов иттрия Y_2O_3 и алюминия Al_2O_3 .

ТЕМА 5. Эволюция морфологии керамик при спекании.

Перечислите необходимый набор экспериментальный данных для расчета энергий активации роста зерна и уплотнения.

ТЕМА 6. Методы анализа характеристик образцов оптических керамик.

Провести пересчет участка спектра пропускания ($\lambda=500-800$ нм) керамики $Y_3Al_5O_{12}$ толщиной 1.45 мм на 1.0 мм толщину образца по экспериментальным данным.

Критерии оценивания для текущего контроля

Текущий контроль по дисциплине «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» проводится в форме решения технологических задач и вопросов на практических занятиях и в ходе самостоятельной работы.

Объектами оценивания выступают:

- активность на занятиях, посещаемость занятий по дисциплине;
- степень освоения теоретических знаний;
- уровень овладения навыками решения вопросов и задач в рамках технологий создания оптических керамик;
- результаты самостоятельной работы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации	
		Незачет	Зачет
ПК-2.1 – Осуществляет рациональный выбор материалов, оптимизирует их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.	Знает области и приложения, в которых могут найти применения оптические керамические материалы (в зависимости от их состава и структуры)	Не знает сформулировать области и приложения, в которых могут найти применения оптические керамические материалы (в зависимости от их состава и структуры).	Знает применимость оптических керамических материалов различного состава и структуры в промышленности и технике.
	Умеет верно соотносить потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения	Не умеет соотносить потребности различных областей применений и приложений со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения.	Умеет верно соотносить потребности различных областей применения и приложения со структурно-фазовым состоянием оптических керамических материалов, предложить состав материала в зависимости от его предполагаемого практического применения.
	Владеет навыками самостоятельного определения кристаллического строения оптического материала в зависимости от его состава, описания его оптических свойств	Не владеет знаниями о кристаллическом строении оптических материалов, об их оптических свойствах в зависимости от состава.	Владеет навыками определения кристаллического строения оптического материала в зависимости от его состава, описания его оптических свойств.
ПК-3.1 – Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает последовательность ключевых операций в базовых методах получения керамических порошков и оптических керамик на их основе	Не знает базовые методы получения керамических порошков и оптических керамик на их основе.	Знает последовательность ключевых операций в базовых методах получения керамических порошков и оптических керамик на их основе.
	Умеет верно подбирать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту	Не умеет подобрать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту.	Умеет верно подбирать оптимальный метод получения керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от выдвигаемых требований к конечному продукту.

	Владеет навыками самостоятельного исследования технологических операций в рамках базовых методов получения керамических порошков и оптических керамик на их основе	Не владеет знаниями о базовых методах получения керамических порошков и оптических керамик на их основе.	Владеет навыками разбора технологических операций в рамках базовых методов получения керамических порошков и оптических керамик на их основе.
ПК-5.1 – Оценивает соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам	Знает метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от поставленных задач при испытаниях	Не знает методы оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе.	Имеет знания о методах оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в зависимости от поставленных задач при испытаниях.
	Умеет верно определить оптимальный метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью	Не умеет подбирать метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью.	Умеет верно определить оптимальный метод оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе в соответствии с технической и экономической целесообразностью.
	Владеет навыками самостоятельной оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе (их структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик)	Не владеет методами оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе (структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик).	Владеет навыками проведения оценки качества керамических порошков и оптических керамик на их основе (их структурно-фазового состояния, оптических свойств, физико-механических характеристик).
ПК-5.2 – Прогнозирует и описывает процесс достижения заданного уровня свойств в материале	Знает основные положения физики спекания, способов контроля микроструктуры оптических керамических материалов	Не знает основные положения физики спекания, способы контроля микроструктуры оптических керамических материалов.	Имеет знания об основных положениях физики спекания, способах контроля микроструктуры оптических керамических материалов.
	Умеет выявить взаимосвязь микроструктуры керамического материала с условиями получения ее прекурсоров и параметрами спекания	Не умеет трактовать траекторию спекания, выявлять особенности уплотнения и рекристаллизации поликристаллического материала (в том числе, ввиду влияния спекающих добавок, легирующих элементов, и др.).	Умеет выявлять взаимосвязь микроструктуры керамического материала с условиями получения ее прекурсоров и параметрами спекания.

	<p>Владеет навыками применения подходов и методов, необходимых для построения и интерпретации траекторий спекания; методов анализа спектроскопических и физико-механических характеристик оптических керамик</p>	<p>Не владеет подходами и методами, необходимыми для построения и интерпретации траекторий спекания; методами анализа спектроскопических и физико-механических характеристик оптических керамик.</p>	<p>Владеет навыками применения подходов и методов, необходимых для построения и интерпретации траекторий спекания; методов анализа спектроскопических и физико-механических характеристик оптических керамик.</p>
--	--	--	---

Список вопросов к зачёту

1. История твердотельных лазеров
2. Лазерные керамические материалы
3. Керамические люминофоры
4. Керамические электрооптические приборы. Оптические объективы
5. Прозрачная керамическая броня, окна и тд.
6. Прозрачные керамические материалы: Al_2O_3
7. Прозрачные керамические материалы: MgO
8. Прозрачные керамические материалы: ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$
9. Прозрачные керамические материалы: Y_2O_3
10. Прозрачные керамические материалы: $MgAl_2O_4$
11. Прозрачные керамические материалы: $Y_3Al_5O_{12}$
12. Прозрачные керамические материалы: $AlON$, AlN
13. Сегнетоэлектрические керамики
14. PLZT керамики
15. Методы анализа характеристик керамического порошка
16. Метод БЭТ
17. Метод азотной и ртутной порометрии
18. Методы “мокрой” химии синтеза порошков
19. Золь-гель технология синтеза порошков
20. Механохимический метод синтеза порошков
21. Методы компактирования порошков
22. Технологические обоснования стадий отжига, грануляции, распылительной сушки керамического порошка
23. Ньютоновская жидкость. Шликерное литье. Приготовление порошковых суспензий
24. Фундаментальные аспекты спекания
25. Движущие силы спекания
26. Дефекты в кристаллических телах
27. Диффузия в кристаллических телах
28. Химический потенциал
29. Уравнения диффузионного потока
30. Давление паров изогнутых поверхностей
31. Диффузия в ионных кристаллах - амбиполярная диффузия
32. Твердотельное спекание и вязкое течение. Механизмы. Феноменологические уравнения спекания
33. Жидкофазовое спекание: характеристики, стадии, термодинамические и кинетические факторы, механизмы
34. Спекание под действием электрического тока: история, принцип

работы.

35. Спекание под действием магнитного поля: теоретические аспекты, теплообмен и спекание, нетепловые эффекты

36. Горячее изостатическое прессование

37. Особенности роста зерна. Движущая сила роста зерна. Нормальный рост зерна. Контроль роста зерна

38. Аномальный рост зерна. Причины и Применение

39. Мобильность по границам зерен. Влияние частиц второй фазы, легирующих добавок и примесей

40. Рост зерна и эволюция пор. Термодинамика порово-границных взаимодействий. Кинетика поровых взаимодействий. Кинетика роста зерна

41. Стратегии управления микроструктурой керамики

42. Метод сканирующей электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии

43. Метод рентгеновской томографии

44. Метод конфокальной лазерной сканирующей микроскопии

45. Рентгенофазовый анализ

46. Атомно-силовая микроскопия

47. Рамановская спектроскопия, рентгенофотоэлектронная спектроскопия

48. Оптические методы анализа. Пропускание, отражение, рассеяние света.

Критерии выставления зачёта

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Материаловедение и технологии получения оптических керамических материалов» осуществляется в форме зачёта (2 семестр). До зачёта допускаются студенты, положительно проявившие себя на практических занятиях.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если:

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала. Могут быть допущены 2-3 ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

2. Материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если:

1. Имеется незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.