

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние оксида графена на плотность керамики на основе иттрий-алюминиевого граната

УДК 661.666.2:66.3-16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Ху Чжэньфэн		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	Д.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер отделения материаловедения	Пайгин В.Д.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Д.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	К.б.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Хасанов О.Л.	Д-р техн. наук, профессор		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1.	Способен решать производственные и/или исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-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
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен реализовывать на производстве технологии сухого компактирования порошковых материалов,

	используя методы горячего и холодного прессования, ультразвукового и коллекторного компактирования
ПК(У)-2	Способен диагностировать и модернизировать эксплуатационные свойства материалов с учетом наноразмерной составляющей, используя традиционное и современное оборудование и программное обеспечение приборов
ПК(У)-3	Способен исследовать состав и структуру веществ, с учетом специфики наноразмерных материалов, используя современное оборудование и программное обеспечение приборов
ПК(У)-4	Способен прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства материалов при выборе и реализации технологии получения объемных наноматериалов
ПК(У)-5	Способен реализовывать технологии получения наноматериалов с учетом ресурсоэффективности и экологической безопасности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ О.Л. Хасанов
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ02	Ху Чжэньфэн

Тема работы:

Влияние оксида графена на плотность керамики на основе иттрий-алюминиевого граната	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 33-33/с от 17.01.2022 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является порошок иттрий-алюминиевого граната, активированный церием и керамика на его основе.</p> <p>Целью данной работы является изучение влияния оксида графена на плотность и люминесцентные свойства керамики на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия. Работа проводится на специальном оборудовании удовлетворяющим требованиям техники безопасности, с использованием средств индивидуальной защиты.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Задачи работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка порошковых смесей смеси на основе YAG:Ce и оксида графена (GO) с концентрацией от 0,1 до 1 мас. %. 2. Изготовление порошковых компактов методом одноосного прессования. 3. Спекание порошковых компактов в воздушной атмосфере. 4. Определение плотности и фазового состава. 5. Измерение люминесцентных характеристик <p>Аналитический обзор литературы выполнен по направлениям:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Оптическая люминесцентная керамика: общие сведения 2. Характеристики исходных сырьевых материалов и керамики на их основе 3. Современное состояние технологии производства люминесцентной керамики на основе $Y_3Al_5O_{12}$ 4. Области применения люминесцентной керамики на основе $Y_3Al_5O_{12}$
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Графики, рисунки применяемые в работе</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент...</i></p>	<p>М.А. Гасанов, профессор, Отделение социально-гуманитарных наук</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>О. А. Антоневиц, доцент, Отделение общетехнических дисциплин</p>
<p>Раздел ВКР на иностранном языке</p>	<p>Н. В. Демьяненко. Старший преподаватель, Отделение иностранных языков ШБИП ТПУ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Разделы на русском языке: Литературный обзор; материал, методы обработки и методы исследования; результаты исследований; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.</p>	
<p>Разделы на английском языке: Литературный обзор.</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>02.02.2022</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О.Л.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Ху Чжэньфэн		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 20 рис., 37 табл., 90 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: Иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$, YAG), люминесцентная керамика, оксид графена (GO), традиционное спекание, прессование.

Объектом исследования является керамика на основе иттрий-алюминиевого граната.

Цель работы – Исследование влияния оксида графена и температуры спекания на плотность, и люминесцентные характеристики керамики.

В настоящей работе представлен аналитический обзор научных публикаций по производству люминесцентной керамики из иттрий-алюминиевого граната, активированного церием. Исследовано влияние температуры спекание и концентрации оксида графена на плотность керамики. Керамические образцы изготовлены методом одноосного статического прессования с последующим спеканием. В работе было использовано следующее оборудование: шаровая мельница МЛШ-01 (Промстрой Маш, Россия), автоматический пресс IP-500 AUTO (ЗИПО, Россия), высокотемпературная печь ЛНТ 02/18 (Nabertherm, Германия), спектрофотометр СФ-56 (ЛОМО, Россия), сканирующий электронный микроскоп JSM7500FA (JEOL, Япония), рентгеновский дифрактометр XRD-7000 (Shidamzu, Япония). Экспериментальные данные были обработаны при помощи программного обеспечения Origin, Jade и пакета программ Microsoft Office.

Выпускная квалификационная работа выполнена на оборудования ЦКП НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» Национально исследовательского Томского политехнического университета, который поддержан проектом МОН № 075-15-2021-588.

Список условных обозначений и сокращений

YAG - Иттрий-алюминиевый гранат

GO - оксид графена

РФА - рентгенофазовый анализ

ПЭМ - просвечивающая электронная микроскопия

СЭМ – сканирующая электронная микроскопия

УНТ - Углеродные нанотрубки

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	7
Список условных обозначений и сокращений.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	13
1.1. Оптическая керамика.....	13
1.2. Физико-химические свойства иттрий-алюминиевого граната.....	13
1.3. Физико-химические свойства оксида графена	15
1.4. Методы получения оптической керамики на основе иттрий-алюминиевого граната.....	16
2. ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ	20
2.1. Материалы исследования.....	20
2.2. Оборудование и метод изготовления керамики	21
2.3. Определение плотности	22
2.4. Сканирующая электронная микроскопия.....	24
2.5. Рентгенофазовый анализ	24
2.6. Люминесцентные свойства	25
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	27
Выводы по разделу.....	32
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	34
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности научных исследований	34
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	34
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	35
4.1.3. SWOT-анализ	37
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	41
4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	42
4.2. Инициация проекта.....	43
4.2.1. Цели и результат проекта.....	43
4.2.2. Организационная структура проекта.....	44
4.2.3. Ограничения и допущения проекта	45

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	45
4.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....	45
4.3.2. План проекта	46
4.3.3. Бюджет научного исследования.....	48
4.3.4. Организационная структура проекта	53
4.3.5. План управления коммуникациями проекта.....	53
4.3.6. Реестр рисков проекта	54
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	55
Выводы по разделу	58
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	62
Введение.....	62
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.2. Производственная безопасность	65
5.3. Экологическая безопасность.....	70
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
Выводы по разделу	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
Приложение	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	89
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Графен – сверхпроводящий, двумерный материал, обладающий уникальными свойствами, которая являются весьма перспективными для различных технологических применений в различных областях науки и техники [1-15]. Благодаря уникальной зонной структуре [5] оксид графена обладает превосходной электро- и теплопроводностью [6] высокую площадь поверхности [7] и хорошие оптические свойства [8]. Материалы на основе графена обладают хорошими нелинейно-оптическими свойствами [9]. Механические характеристики графена близки к аналогичным характеристикам углеродных нанотрубок [10]. В отличие от углеродных нанотрубок оксид графена лучше проникает в структуру матричного материала и более эффективное упрочнение по сравнению с нанотрубками [11]. Перечисленные свойства делают графен материалом, перспективным для применения в микроэлектронике, фотонных и оптоэлектронных устройствах, лазерной технике [12-15].

Иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$) – перспективный оптический материал, обладающий хорошими оптическими и механическими свойствами, химической стабильностью и термической стойкостью. Материалы на основе иттрий-алюминиевого граната, активированные ионами переходных металлов или редкоземельных элементов широко используются в лазерной технике, оптическом приборостроении и твердотельных источниках света [12, 13].

В последние годы наибольшее распространения получили материалы на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия (YAG:Ce). Они применяются в качестве преобразователей оптического излучения при производстве белых светоизлучающих диодов (WLED). Современные коммерческие WLED состоят из кристалла синего цвета свечения и люминофора Ce:YAG, диспергированного в оптически прозрачном покрытии, состоящем из кремнийорганической, полимерной или эпоксидной смолы. Основной проблемой таких светоизлучающих диодов, является локальных перегрев смолы (компаунда) приводящий к деградации покрытия и ухудшению оптических характеристик [14, 15]. Для решения этой проблемы целесообразно

использовать в качестве преобразователя оптического излучения люминесцентную керамику на основе YAG:Ce, которая лишена указанных выше недостатков, а добавление к такой керамики оксида графена (GO) в относительно малых концентрациях может улучшить оптико-люминесцентные свойства керамики.

Целью данной работы является изучение влияния оксида графена на плотность и люминесцентные свойства керамики на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Оптическая керамика

В оптике, прозрачность - это физическое свойство материала, которое позволяет свету проходить через него, не рассеиваясь. Керамика – поликристаллический материал, состоящий из зерен, пор и примесей. Когда свет падает, остаточные поры, примеси и границы зерен вызывают рассеяние и преломление света [16].

Традиционные оптически прозрачные материалы такие как стекло и монокристаллы широко используются в промышленности и повседневной жизни. Однако механическая прочность этих материалов относительно низкая, а иногда химическая стабильность в условиях агрессивных сред недостаточна. Что еще более важно, традиционные прозрачные материалы обладают сильным поглощением в инфракрасной области спектра электромагнитного излучения, что делает невозможным их применение в этой части спектрального диапазона [17].

Изготовление прозрачной керамики по представляет собой процесс аналогичный процессу получения традиционной керамики [18, 19].

1.2. Физико-химические свойства иттрий-алюминиевого граната

Иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$ или YAG) представляет собой оксидный материал со структурой граната. Пространственная группа $O_h(10)-I_a3d$, точечная группа $m3m$, постоянная решетки $12,002\text{\AA}$, каждая элементарная ячейка содержит 8 молекул $Y_3Al_5O_{12}$, всего 96 ионов O^{2-} , 40 Al^{3+} ионов и 24 ионов Y^{3+} . Кристаллическая структура показана на рисунке 1. Это одно из трех соединений системы $Al_2O_3 - Y_2O_3$. Двумя другими являются моноклинный иттрий-алюминиевый (YAM) и иттрий-алюминиевый перовскит (YAP). YAG имеет кубическую кристаллическую решетку [20]. Он обладает термической и химической стабильностью, и уникальными оптическими свойствами. Благодаря centrosymmetric кубической кристаллической решетке его оптические свойства являются изотропными [21].

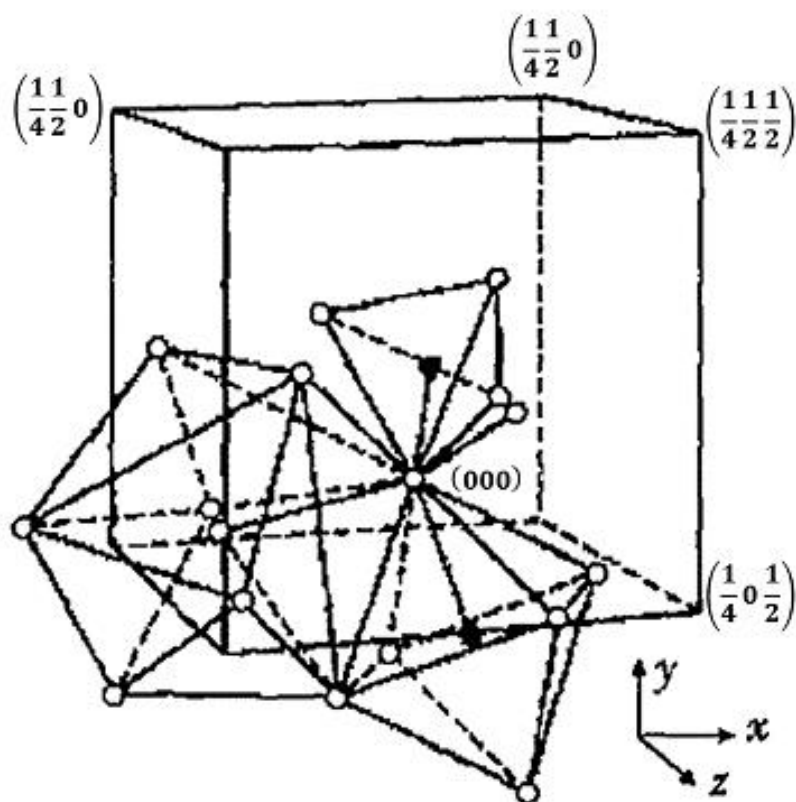


Рисунок 1 - 1/8 Структурная модель элементарной ячейки кристалла иттриево-алюминиевого граната

Со времени первого доклада Икесуэ о прозрачной поликристаллической керамике Nd:YAG для лазерных сред в 1995 году все больше и больше внимания уделяется изготовлению YAG [22-29]. Прозрачная керамика YAG, без активаторов была изготовлена с различных методами, включая вакуумное спекание, горячее прессование и искровое плазменное спекание.

В последние годы активно исследуется YAG-керамика, активированная церием. Она применяется в белых светодиодах (WLED) и характеризуется высокой светоотдачей, длительным сроком службы и экологичностью [26-31].

Другое перспективное направление – это применение YAG:Ce керамики в качестве сцинтилляторов. Сцинтиллятор - это оптический материал, который испускает фотонные импульсы видимого света при возбуждении излучением высокой энергии. Такая керамика может стать заменой монокристаллам, которые используются в настоящее время [32-33].

В рамках настоящей работы иттрий-алюминиевый гранат, активированный церием, рассматривается в качестве люминесцентного материала для твердотельных источников света [34-38].

1.3. Физико-химические свойства оксида графена

Впервые об оксиде графена (GO) сообщили Шафхаутль в 1840 году и Броди в 1859 году [39-40]. Типичное ПЭМ-изображение оксида графена представлено на рисунке 2. Британские химики исследовали структуры углерода, изучив реакционную способность чешуйчатого графита. Одна из реакций его синтеза включала добавление хлората калия ($KClO_3$) с образованием суспензии графита в азотной кислоте. Полученный материал содержал водород, углерод и кислород. Он имел искаженную структуру, малый размер и ограниченную толщину.

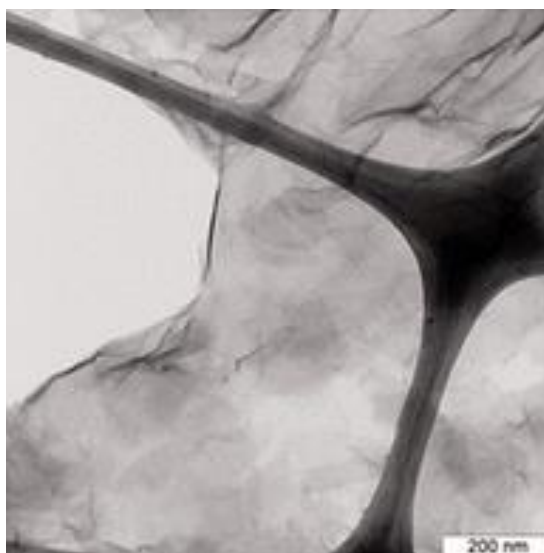


Рисунок 2 - ПЭМ-изображение оксида графена [38]

Точная структура оксида графена обсуждалась на протяжении многих лет. Даже на сегодняшний день не существует определенной модели структуры GO. Вероятно, это связано с отсутствием точных аналитических методов для характеристики таких материалов; сложностью материала (включая вариабельность от образца к образцу); бертоллидный характер (т.е. нестехиометрический атомный состав) [38]. Типы структуры оксида графена представлены на рисунке 3.

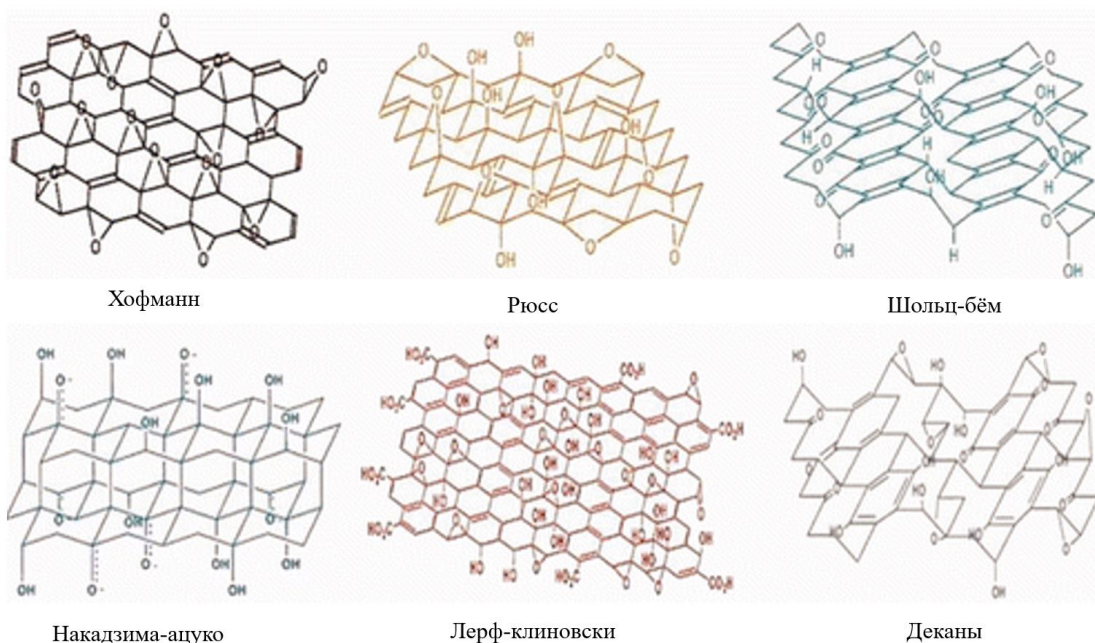


Рисунок 3 - Тип структуры оксида графена [38-42].

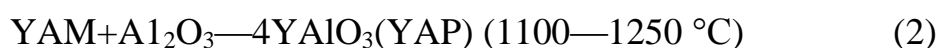
Оксид графена обладает большим количеством дефектов и характеризуется наличием кислородных функциональных групп, приводящих к нарушению связи sp^2 . У него низкая высокая электропроводность и термическая стойкость [42-43]. Он обладает хорошими фотолуминесцентными свойствами в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения [44]. Оксид графена характеризуется достаточной прочностью, пластичностью, ударной вязкостью и твердостью [45-52].

1.4. Методы получения оптической керамики на основе иттрий-алюминиевого граната

Изготовление оптической, в том числе люминесцентной керамики на основе YAG аналогично процессу изготовления традиционных керамических материалов и состоит из нескольких последовательных этапов: синтез порошка, формование, спекание.

Однако в отличие от традиционной керамики, к сырью для изготовления люминесцентной керамики выдвигается ряд требований. Исходный порошок должен обладать высокой чистотой, узким распределением частиц по размерам, отсутствием примесей. Порошки YAG, как чистые, так и активированные синтезируют различными методами [53-57].

Наиболее распространенный метод синтеза порошка иттрий-алюминиевого граната - твердофазный синтез. Он заключается в равномерном смешивании порошков Y_2O_3 и Al_2O_3 высокой чистоты и их обжиге при высокой температуре, достаточной для образования YAG. Процесс реакции в этом методе происходит следующим образом [53]:



Преимущество метода твердофазного синтеза заключается в простоте и доступности процессе [56].

Важным этапом изготовления керамики является формование. Основными методами прессования при изготовлении керамических материалов являются одноосное сухое прессование, изостатическое прессование и шликерное литье [58].

В работе [59] было изучено влияние сухого прессования и шликерного литья на плотность, микроструктуру и оптические свойства люминесцентной керамики на основе YAG. Образцы, полученные шликерным литьем, оказались менее плотными, чем образцы, полученные прессованием. Исследование процессов уплотнения обнаружило наличие трех последовательных переходных этапов. Начальная температура уплотнения образцов, полученных шликерным литьем, выше, чем у образцов сухого прессования, но начальная роста зерен, относительно низкая.

Образцы полученные при температуре спекания $1750 \text{ } ^\circ\text{C}$ в течение 10 часов показали светопропускание 77,79% и 81,26% на длине волны 1064 нм при толщине образца 1мм для прессования и шликерного литья, соответственно.

В работе [60] керамика YAG:Nd с пропусканием 83,9% и 82,5% при 1064 нм и 400 нм была получена холодным изостатическим прессованием под давлением 250 МПа с последующим реакционным спеканием в вакууме в течение 30 часов при температуре $1790 \text{ } ^\circ\text{C}$. По сравнению с одноосным сухим

прессованием пористость и средний размер пор образцов полученных изостатическим прессованием существенно меньше.

Спекание представляет собой необратимое изменение порошкового тела. Процесс спекания сопровождается уменьшением площади поверхности. Вначале переносятся и связываются только частицы порошка, контактирующие друг с другом, и, наконец, превращаются в единое целое, а поверхностная энергия системы уменьшается до тех пор, пока конечная свободная энергия спеченного тела не достигнет идеального состояния минимальная конечная точка спекания (фактический процесс спекания труднодостижим, и обычно считается, что спеченное тело также является термодинамически метастабильным состоянием). Следовательно, можно считать, что уменьшение поверхностной энергии является движущей силой процесса спекания керамики. Для спекания прозрачной и люминесцентной керамики в основном используются спекание под давлением, спекание в вакууме и атмосфере, микроволновое спекание, спекание горячим изостатическим прессованием и импульсное искровое плазменное спекание [61].

В работе [62] было изучено влияние MgF_2 в качестве добавки при спекании керамики YAG методом искрового плазменного спекания. Авторами были достигнуты удовлетворительные результаты, поскольку при этом достигалось почти полное уплотнение (остаточная пористость 0,58%) при относительно низкой температуре спекания и среднем давлении. Прозрачные и полупрозрачные образцы удалось получить при увеличении температуры спекания и длительности процесса. В образцах с добавками фторида магния наблюдался существенный рост зёрен керамики.

В работе [63] в качестве добавок для спекания были использованы CaO и MgO. Для получения керамики использовали вакуумной реакционной спекание. В результате было установлено, что полностью плотная и прозрачная керамика на основе YAG с превосходного оптического качества может быть получена спеканием в вакууме при температуре 1840 °C в течение 8 часов. Пропускание

образца толщиной 3 мм с добавками Ca и Mg на длине волны 1064 нм достигало 84,5%.

В работе [64,65] для получения высокоплотной керамики на основе YAG использовали метод горячего прессования. Спектр пропускания YAG-керамики показан на рисунке 4. Процесс проводили при температуре 1650 °С.

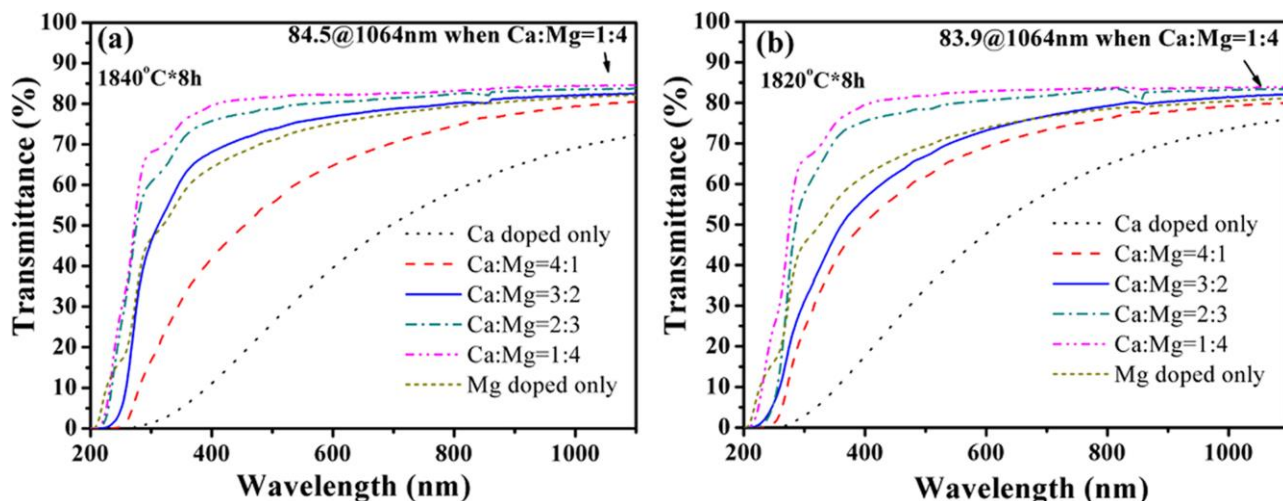


Рисунок 4 - Спектры пропускания керамики YAG

Таким образом, был проведен литературный обзор посвященный методам получения оптической и люминесцентной керамики на основе YAG:Ce. Определен диапазон оптимальных температурных режимов спекания для получения такой керамики. Работ посвященных добавлению оксида графена к YAG:Ce-керамике обнаружить не удалось.

2. ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ

2.1. Материалы исследования

В качестве исходных материалов были использованы микропорошок иттрий-алюминиевого граната, активированного церием (НИИПП, Россия) и коммерческой суспензии оксида графена, (Graphenea, Испания). Исходные материалы для работы представлены на рисунке 5.

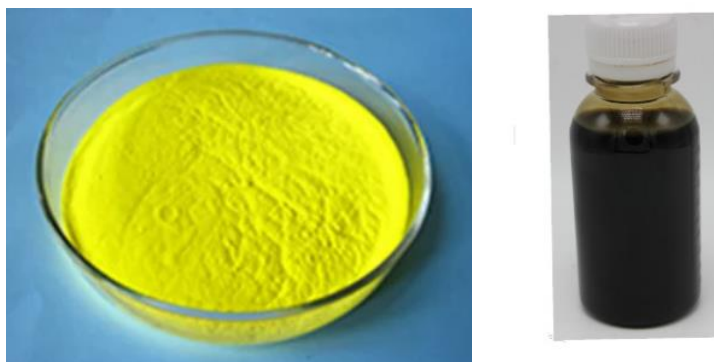


Рисунок 5 – Исходные материалы

Смешивание исходных компонентов осуществляли по мокрому способу в изопропиловом спирте при помощи шаровой мельницы. Продолжительность смешивания составляла 48 часов. В итоге были получены порошковые суспензии состава $YAG:Ce-xGO$ (где $x = 0,1; 0,5; 1$ мас. %). Полученные суспензии сушили на воздухе при температуре $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до полного испарения влаги.

Шаровая мельница предназначена для измельчения, измельчения, диспергирования металлических, неметаллических, органических и других порошков [67, 68]. Оборудование, использованное в работе представлено на рисунке 6.



Рисунок 6 - шаровая мельница МЛШ-01

2.2. Оборудование и метод изготовления керамики

После измельчения и сушки в шаровой мельнице были получены порошковые смеси из которых прессовались порошковые заготовки различных типов. Компактирование порошковых смесей проводили методом холодного статического прессования [69] на испытательном прессе IP-500 AUTO (Ziro, Россия) под давлением 400 МПа. Изображение оборудования представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 - Оборудование прессования IP-500 AUTO

Спекание [70] проводили в высокотемпературной печи LHT 02/18 (Nabertherm, Германия) на воздухе при температурах от 1250 °С до 1650 °С. Выдержка на заданной температуре спекания составляла 2 часа. Скорость нагрева и охлаждения составляла 200 °С. На рисунке 8 представлено изображение использованной в работе печи.



Рисунок 8 - Оборудование спекания

2.3. Определение плотности

Для определения плотности керамики была измерена её масса и геометрические размеры.

Для измерения массы использовали лабораторные электронные весы AJ – 420CE (Shinko, Япония), представленных на рисунке 9.



Рисунок 9 - Лабораторные электронные весы AJ – 420CE (Shinko, Япония)

Диаметр образцов определяли с помощью штангенциркуля (Mitutoyo, Япония), представленного на рисунке 10.



Рисунок 10 - Штангенциркуль (Mitutoyo, Япония)

Толщину определяли при помощи толщиномера 543-551DC (Mitutoyo, Япония), представленного на рисунке 11.



Рисунок 11 - Толщиномер 543-551DC (Mitutoyo, Япония)

Плотность прессовки и керамики рассчитывали по формуле:

$$\rho = \frac{4m}{\pi \times d^2 \times h} \quad (4)$$

Относительную плотность определяли по формуле:

$$\rho_{\text{отн}} = \frac{\rho^*}{\rho_{\text{теор}}} \times 100\% \quad (5)$$

2.4. Сканирующая электронная микроскопия

В работе использовался сканирующий электронный микроскоп JSM7500FA (JEOL, Япония), и изображения были получены при 500-кратном увеличении. Оборудование представлено на рисунке 12.



Рисунок 12 – Сканирующий электронный микроскоп JSM-7500FA с микроанализатором EDS

2.5. Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ (РФА) является оперативным методом определения фазового состава, среднего размера кристаллитов в сыпучих материалах и объемных материалах. Первый ученый, Пол Шеррер, опубликовал свои результаты в статье, которая включала то, что стало известно, как уравнение Шеррера в 1981 году [71].

Это можно объяснить тем фактом, что “размер кристаллитов” не является синонимом “размера частиц”, в то время как дифракция рентгеновских лучей чувствительна к размеру кристаллитов внутри частиц. Из хорошо известной формулы Шеррера средний размер кристаллитов, L , равен:

$$L = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (6)$$

где λ - длина волны рентгеновского излучения в нанометрах (нм), β - ширина пика профиля дифракционного пика на половине максимальной высоты, обусловленной малым размером кристаллитов в радианах, а K - константа, связанная с формой кристаллитов, обычно принимаемая равной 0,9. Значение β

на 2θ оси дифракционного профиля должно быть в радианах. θ может быть в градусах или радианах, так как $\cos\theta$ соответствует одному и тому же числу.

Рентгенофазовый анализ образцов проводили на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 (Shidamzu, Япония), который представлен на рисунке 13. Анализ дифрактограмм проводили при помощи свободно распространяемого программного обеспечения Jade и международной кристаллографической базы данных «PDF-4».



Рисунок 13 – Рентгеновский дифрактометр XRD-7000 (Shimadzu, Япония)

2.6. Люминесцентные свойства

Интегральную спектральную эффективность измеряли с использованием интегрирующей сферы и калиброванного спектрофотометра AvaSpec-3648 (200–1100 нм, обратная линейная дисперсия 1.2 нм/мм). В качестве источника возбуждения использовали светодиод ($\lambda_{\text{возб}} = 447$ нм). Возбуждение образца также осуществлялось потоком, проинтегрированным сферой. Первоначально измерили спектр и поток излучения диода, попадающий на геометрическое место установки исследуемого образца. Также был измерен рассеянный поток излучения диода (поток, не попадающий на поверхность образца). Далее измерялся спектр излучения с исследуемым образцом. Использование данного подхода позволило с достаточной точностью (не влияющей на форму спектральных линий) вычитать измеренный спектр диода из полученных спектров люминесценции керамики. Что позволило определить отраженный

поток, поглощенный поток и поток излучения керамического образца. Интегральную спектральную эффективность определяли, как отношение интегрального потока, излученного образцом, к интегральному потоку, поглощенному образцом.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Средняя плотность полученных порошковых компактов представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Плотность порошковых компактов YAG:Ce, легированных различными концентрациями оксида графена

Тип порошка	Концентрация оксида графена, мас. %	Плотность, г/см ³	Относительная плотность, %
YAG	0	3,21	70,5±0,5
YAG+0,1% GO	0,1	3,22	70,8±0,5
YAG+0,5% GO	0,5	3,16	69,3±0,5
YAG+1% GO	1	3,13	68,7±0,5

Как видно из таблицы 1, средняя относительная плотность порошка после одноосного прессования достигает порядка 70%.

Относительная плотность порошкового компакта из порошка «чистого» иттрий-алюминиевого граната, активированного церием, незначительно составляет 70,5±0,5 %. Добавление 0,1 мас. % оксида графена к YAG:Ce приводит к незначительному увеличению относительной плотности компакта (до 70,9±0,5 %), однако наблюдаемый прирост плотности находится в пределах доверительного интервала измерения этой величины. Дальнейшее повышение содержания оксида графена с 0,1 мас. % до 1 мас. % приводит к уменьшению относительной плотности компакта с 70,9±0,5 % до 68,7±0,5 %.

На рисунке 14 представлены результаты измерения плотности до и после спекания. Видно, что чем выше концентрация оксида графена, тем меньше относительная плотность прессовок. Плотность керамики с увеличением концентрации оксида графена от 0 до 1 мас. % увеличивается на 98,9 %. Максимальное значение относительной плотности наблюдается при содержании оксида графена 1 мас. %

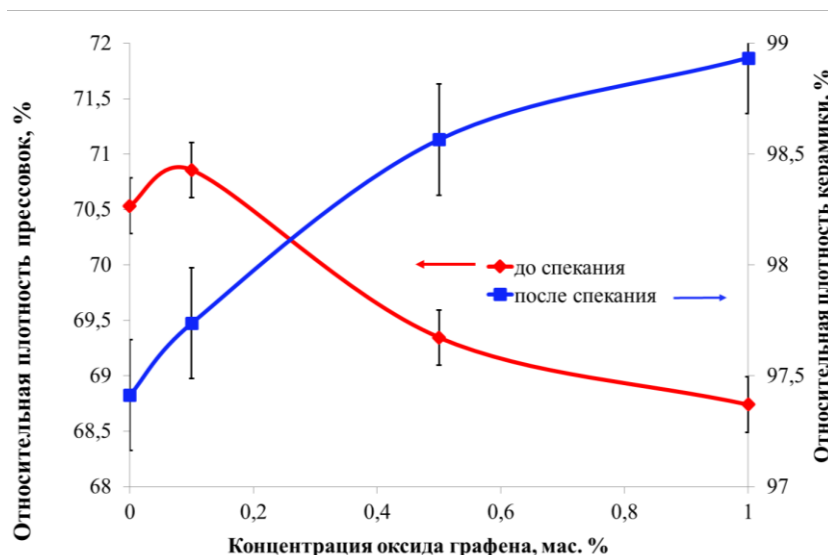


Рисунок 14 – Зависимость относительной плотностью керамики до и после спекания от концентрации оксида графена

В таблице 2 представлены результаты измерения плотности образцов YAG:Ce-керамики с различным содержанием оксида графена.

Таблица 2 - Результаты измерения плотности образцов керамики на основе иттрий-алюминиевого граната

№	Оксид графена, мас. %	Температура спекания, °С	Относительная плотность, %
1.1	0	1250	73,1±0,5
1.2		1350	77,7±0,5
1.3		1450	87,5±0,5
1.4		1550	96,4±0,5
1.5		1650	97,4±0,5
2.1	0	1650	97,4±0,5
2.2	0,1		97,7±0,5
2.3	0,5		98,6±0,5
2.4	1		98,9±0,5

Таким образом, керамика на основе YAG:Ce с максимальной плотностью (97,41 %) может быть получена методом прессования с последующим спеканием на воздухе при давлении 400 МПа, температуре 1650 °С в течение 2 часов.

Добавка оксида графена 1 мас. % способствует повышению плотности керамики на 5%.

Анализ структурной морфологии полученных образцов по результатам СЭМ-изображений, одно из которых представлено на рисунке 15, показал, что разрушение керамики происходит преимущественно по транскристаллитному механизму. Средний размер зёрен – 4,57 мкм.

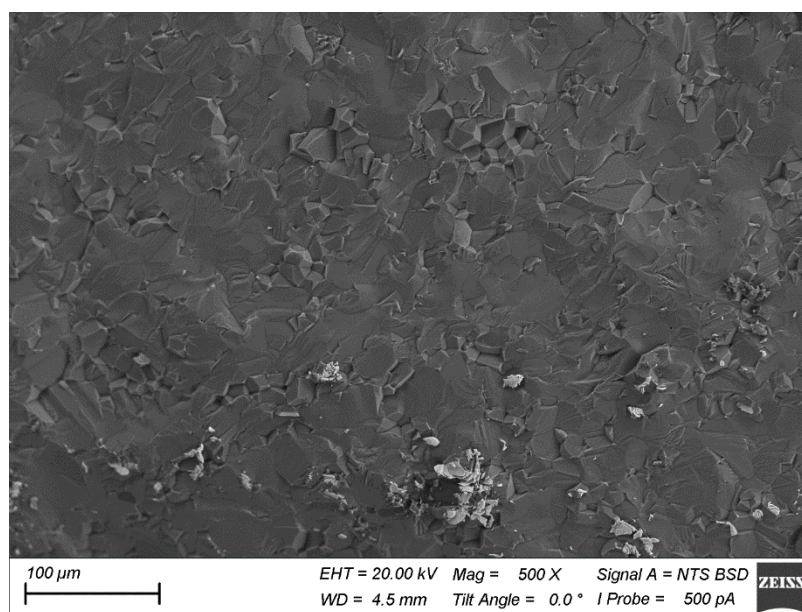


Рисунок 15 – Типичное СЭМ-изображение поверхности YAG:Ce -керамики

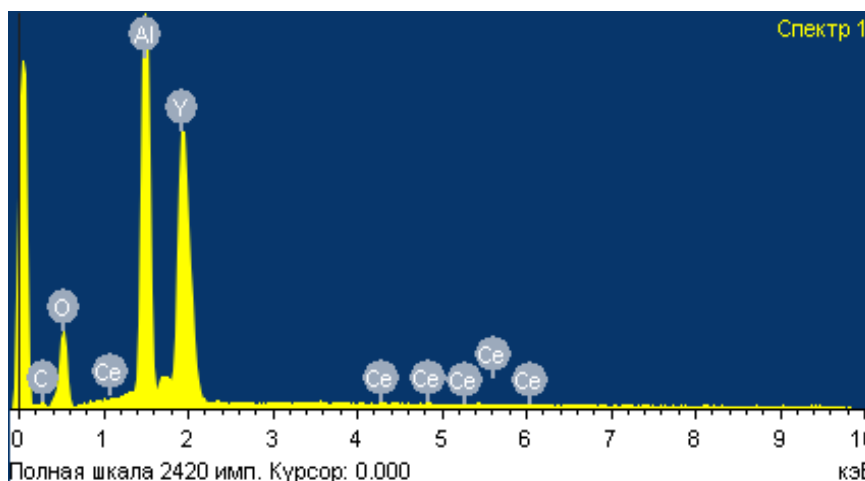


Рисунок 16 – Типичный ЭДС-спектр исследуемых образцов с добавкой оксида графена

По результатам ЭДС в образцах обнаружено присутствие углерода.

Рентгенофазовый анализ показал, что керамические образцы состоят из стехиометрического YAG кубической модификации. Все обнаруженные пики

характерны для фазы YAG (PDF-Card #010-83-7850). Присутствия посторонних фаз в образцах не обнаружено, уширения рефлексов не зафиксировано, посторонние пики на дифрактограммах отсутствуют. Отсутствие пиков характерных для оксида графена, обусловлено их относительно низким содержанием (менее 5. мас %), которое не превышает предел чувствительности дифрактометра.

Экспериментальные дифрактограммы образцов представлены на рисунке 17.

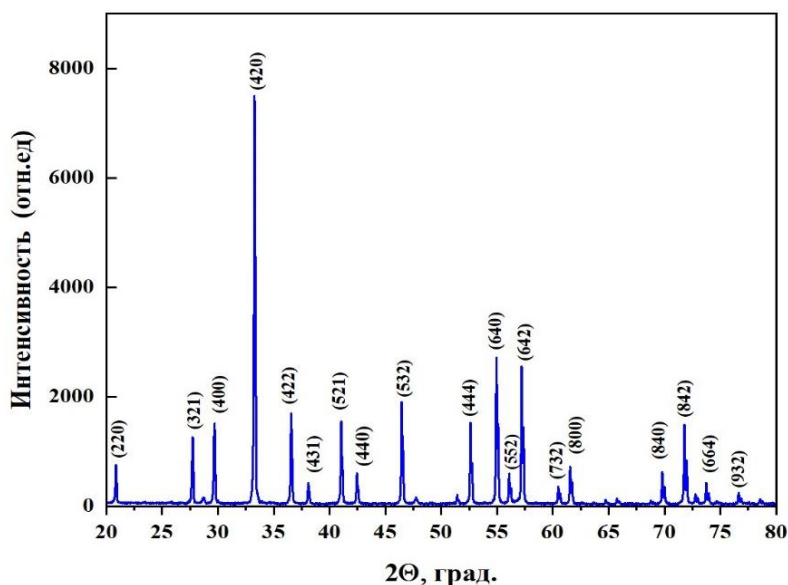


Рисунок 17 – Дифрактограммы образцов керамики, отожженные при температуре 1650 °С

Спектр фотолюминесценции керамики Се: YAG представлен на рисунке 18. В спектре фотолюминесценции широкая полоса излучения достигает максимума при 530 нм, что обусловлено переходом $5d \rightarrow 4f$ Ce^{3+} .

Спектры являются характерным для системы YAG:Се. Выраженный максимум наблюдается в области 550 нм. Введение оксида графена в количестве от 0,5 до 1 мас. % приводит к смещению положения максимума в область 545 нм и понижению интенсивности излучения.

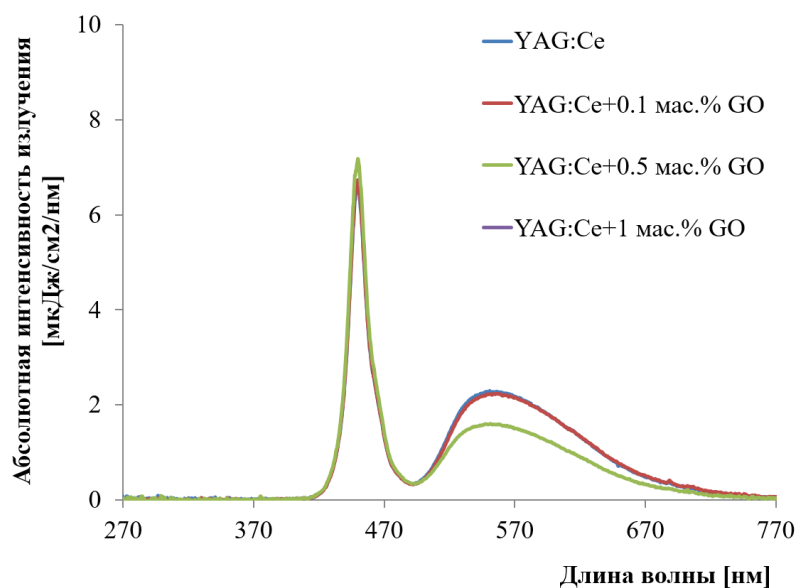


Рисунок 18 – Интегральный спектр фотолюминесценции керамики на основе YAG:Ce

Результаты измерения эффективности люминесценции и диффузного отражения исследуемых образцов представлены на рисунке 19. Видно, что Эффективность люминесценции составляет 33% при содержании оксида графена 0,5 мас.%.

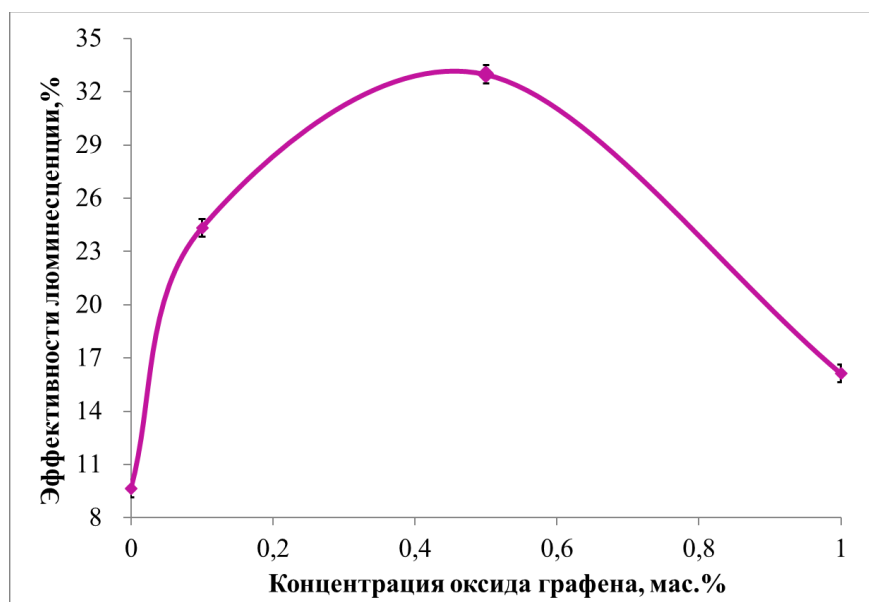


Рисунок 19 –Зависимость эффективности люминесценции YAG:Ce керамики от концентрации оксида графена

Выводы по разделу

Установлено, что керамика на основе YAG:Ce с максимальной плотностью (98,9 %) может быть получена методом прессования с последующим спеканием на воздухе при давлении 400 МПа, температуре 1650 °С и выдержке 2 часов.

Добавка оксида графена 1 мас. % способствует повышению плотности керамики на основе YAG:Ce на 1,5 оксида графена %.

Наибольшая эффективность люминесценции (33 %) керамики YAG:Ce наблюдается при содержании 0,5 мас. % оксида графена.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ02	Ху Чжэньфэн

Школа	ИШИТР	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование Отчисления во внебюджетные фонды 30 %
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.2022г
---	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Ху Чжэньфэн		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью магистерской диссертации является изготовление люминесцентной керамики на основе $Y_3Al_5O_{12}:Ce$, с добавками оксида графена методом холодного сухого одноосного прессования в жесткой с последующим спеканием на воздухе. Исследование плоности, состов и оптических свойств керамики.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности научных исследований

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными

общими признаками. В таблице 3 представлена классификация потребителей результатов научного исследовательского проекта.

Таблица 3 – Классификация потребителей результатов НИР

Вид исследований	Потребители	Цели приобретения
Фундаментальные и поисковые исследования	Государство, общество	Развитие науки, общественный прогресс, пополнение существующей базы знаний, создание заделов для прикладных исследований
Прикладные исследования	Государство, региональные структуры	Удовлетворение общественных нужд (оборона, образование, экология и т.п.), поддержание престижа и авторитета на международном уровне
	Корпорации, промышленные предприятия, фирмы (ЗАО НЭВЗ-Керамикс, г. Новосибирск)	Разработка новых продуктов, повышение конкурентоспособности, максимизация прибыли
Разработки	Государство, региональные структуры	Обеспечение общественных нужд, поддержание национальных интересов
	Корпорации, промышленные предприятия средней и малый бизнес	Производство новых продуктов, повышение конкурентоспособности, получение экономического эффекта

Для оценки дальнейших перспектив по реализации необходимо выделить потенциальных потребителей нового слоистого материала

«Люминесцентная керамика». Проведем анализ сегментов рынка композитов, применяющихся в сфере оптики. Выявим ключевые признаки потребителей для разрабатываемого товара. Результаты анализа составят представление о потенциальных потребителях.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В ходе исследования была рассмотрена разработка технологии получения изделий сложной формы методом квазиизостатического прессования керамических порошков с применением аддитивных технологий.

Детальный анализ необходим, т.к. данная технология имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие работы о технологиях изготовления различных изделий:

На основе технологии изготовления и физико-химических свойств керамики из иттрий-алюминиевого граната, легированного церием.

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Биосовместимость	0,17	5	3	3	0,85	0,51	0,51
3. Трещиностойкость	0,12	5	2	3	0,6	0,24	0,36
4. Ударопрочность	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Период приживаемости	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
6. Простота изготовления	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
7. Эффективность работы	0,04	5	5	5	0,2	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Итого	1	46	35	36	4,54	3,41	3,34

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле 7:

$$K = \sum B_i * B_j = 4,54 \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ научноисследовательского проекта. Все сильные и слабые стороны проекта, которые проявились или могут появиться описаны в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Простота изготовления изделия.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Высокая плотность изделий.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному и исследовательскому оборудованию.
С4. Малый объем затрат порошка для производства.	Сл4. Эксперименты имеют погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.

Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса нановые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в области медицины.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 6-9.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	+	+	+	+	+

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	-	+	+	-
	B3	-	+	+	+	-
	B4	-	-	+	+	-

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	+	+	+	-

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	+	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 10.

Таблица 10 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	С1. Простота изготовления изделия.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
	С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
	С3. Высокая плотность продукции.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному и исследовательскому оборудованию.
	С4. Малый объем затрат порошка для производства.	Сл4. Эксперименты имеют погрешности и неопределенности.
	С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Направления развития	Сдерживающие факторы

В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	В1С1С2С3С4С5. Оборудование ИШНПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН позволяют изготавливать изделия по данной технологии.	В1Сл2Сл3Сл4Сл5. Никакие возможности оборудования не уберегут на 100% продукцию от погрешностей и неточностей.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	В2С1С2С3С4С5. Высокая трещиностойкость, ударопрочность и плотность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.	В2Сл1Сл3Сл4. Появлению спроса может помешать недостаточность литературных данных, высокие требования к оборудованию и погрешности в результате
В3. Внедрение технологии в области медицины.	В3С1С2С3С4С5. Высокая трещиностойкость, ударопрочность и плотность продукции являются хорошим основанием для внедрения технологии в области медицины.	В3Сл2Сл3Сл4. В медицине часто нужно быстрое и точное решение. Погрешности здесь неприемлемы..
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	В4С1С2С3С4С5. Простота изготовления, использование малого объема сырья, высокая трещиностойкость, ударопрочность и плотность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.	В4Сл3Сл4. Внедрение на мировой рынок требует точности экспериментов. Чем меньше погрешности, тем лучше.
Угрозы	Угрозы развития	Уязвимости:
У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.	У2С1С2С3С4. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке.	У2Сл1Сл2Сл3. Недостаточность литературных данных, долгая реализация цикла производства вместе с исследованиями могут дать выиграть время конкурентам.

Говоря о таком продукте, как керамика, потребитель не задумывается о тонкостях его производства. Потребителю важен результат: надежность и долговечность. Исследователи же смотрят иначе. Любой разбирающийся человек оценит простоту изготовления изделия, легкость в изменении его

формы, а также малые затраты порошка для производства одного изделия и безотходность сырья.

При внедрении на рынок нового продукта, тем более качественного, всегда есть угроза конкуренции. Для того, чтобы чувствовать себя защищенным от подобных угроз в максимально короткий срок, необходимо поддерживать высокие характеристики продукта и создавать хорошую рекламу, чтобы знакомить потребителей с продуктом, рассказывая о всех качествах керамики.

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно- исследовательской разработке.

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Независимо от того, на каком этапе своего жизненного цикла находится научная разработка, полезно оценить ее готовность к коммерциализации и выяснить, каким уровнем знаний вы обладаете для ее реализации (или завершения). С этой целью в Таблице 11 приведены показатели степени проработки проекта с точки зрения коммерциализации и компетентности научного разработчика проекта.

Таблица 11 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3

4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	4
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	52	49

По результатам оценки делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направления ее дальнейшего улучшения, об уровне компетенций недостающих разработчику и возможности привлечения требуемых специалистов в команду проекта.

По результатам анализа перспективы изученных нами продуктов выше среднего.

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать,

вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

Оптическая керамика занимает особое место в развитии человеческой промышленности, и для производства хороших продуктов требуются большие капитальные вложения, а мне нужна прибыль, приносимая патентным лицензированием, и продолжать заниматься научными исследованиями.

4.2. Инициация проекта

Для получения эффективного результата научно-исследовательского проекта определяются на этапе инициации основные цели, задачи, кроме того фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

4.2.1. Цели и результат проекта

Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 12, таблице 13.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Российский научный фонд РФ	Выполнение условий договора по НИР, получение отчета по НИР
ИФПМ СО РАН	Отчисления в бюджет организации из средств РФ. Публикации, аффилированные с ИФПМ СО РАН

Сотрудники лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ИФПМ СО РАН	Оплачиваемая работа по НИР. Публикации.
Дипломник	Оплачиваемая работа по НИР, Возможность написать и защитить магистерскую диссертацию. Публикации.
ТПУ	Публикации, аффилированные с ТПУ. Защита магистерской диссертации.

Таблица 13 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследовать свойства и структуру керамических слоистых композитов на основе алюмооксидной керамики и стекла в срок с сентября 2020 г по июнь 2022 г. Защитить магистерскую диссертацию в ТПУ с 14.06 по 16.06.2022 г.
Ожидаемые результаты проекта:	Магистерская диссертация
Критерии приемки результата проекта:	Публикации результатов работы в индексируемых отечественных и зарубежных журналах. Участие в конференциях.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Успешная защита магистерской диссертации в ТПУ

4.2.2. Организационная структура проекта

Таблица 14 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Пайгин Владимир Денисович <u>Отделение материаловедения:</u> Инженер	Руководитель	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	368
2	Ху Чжэньфэн, ТПУ, магистрант	Ответственный исполнитель	Выполняет работы по проекту. Проводит исследования, пишет статьи и магистерскую диссертацию.	760

3	РНФ	Заказчик	Осуществляет укрупненный анализ проекта по показателям сроков, освоению затрат и финансированию. Проводит экспертную оценку результатов проекта.	30
4	ТПУ	Заказчик	Проводит экспертную оценку результатов проекта.	30
ИТОГО:				1188

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Таблица 15 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	100000 р
3.1.1. Источник финансирования	Российский научный фонд (РНФ)
3.2. Сроки проекта:	Сентябрь 2020 г – июнь 2022 г.
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	16.06.2022
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничение по времени использования научного оборудования (1 раз в месяц на растровом электронном микроскопе). Ограничение времени работы участников проекта (не более 20 часов в неделю)

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Для обозначения и детализации этапа разработки научно-исследовательской работы была составлена иерархическая структура работ (ИСР) на рисунке 20.

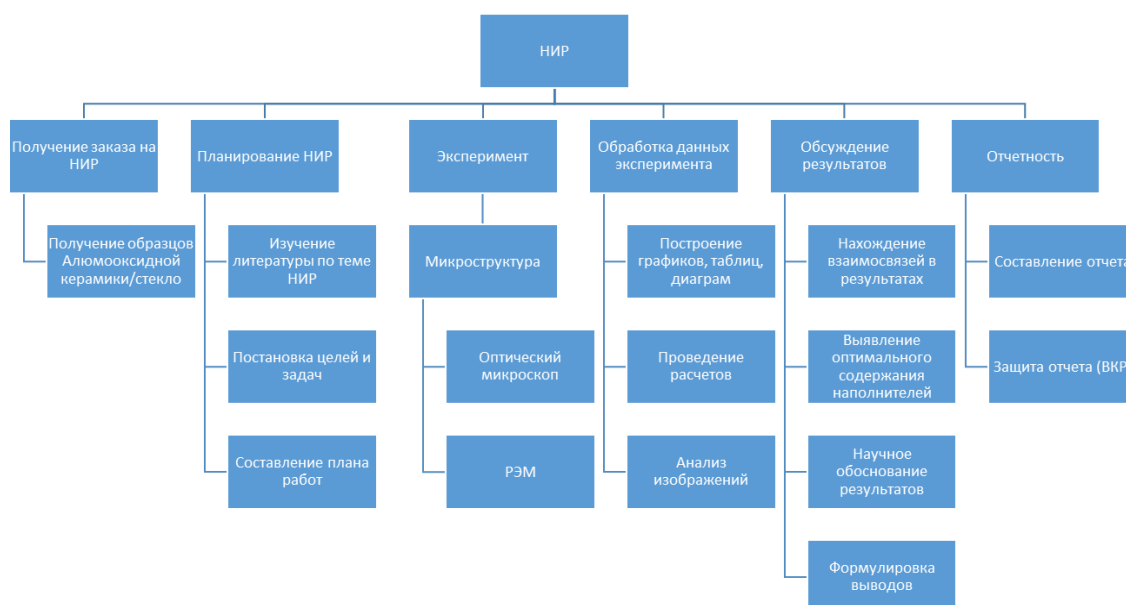


Рисунок 20 – Иерархическая структура НИР

4.3.2. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 16

Код работ (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	а) сбор теоретических данных, проверка литературного обзора	86	01.09.2020	30.12.2020	Ху Чжэньфэн
2	б) проведение экспериментальных исследований образцов	40	05.02.2021	01.04.2021	Ху Чжэньфэн
3	в) написание статей, анализ результатов	35	01.04.2021	20.05.2022	Ху Чжэньфэн
	д) подготовка текста диссертации				
	Построение графиков, диаграмм, таблиц				
	Проведение расчетов				
	Сравнительный анализ изображений				

4	е) подготовка демонстрационных материалов и доклада для защиты	18	20.05.2022	13.06.2022	Ху Чжэньфэн
Итого:		179			

На основе анализа составленной диаграммы Ганта можно сделать вывод, что продолжительность работ составляет 11 декад, начиная с первой декады марта и заканчивая второй декадой июня. Можно предположить, что объем работ, в ходе исследования, может быть увеличен или наоборот сокращен, в зависимости от полученных результатов.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер этапа	Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
		t_{min} , чел.-дни	t_{max} , чел.-дни	$t_{ож}$, чел.-дни			
1	Составление ТЗ	3	5	3,8	1	2	3
2	Изучение литературы	12	20	15,2	1	20	30
3	Составление этапов проекта	1	2	1,4	1	2	3
4	Проверка оборудования	1	1	1	1	1	1
5	Выполнение работы	1	2	1,4	1	1	2
6	Проведение исследований	3	7	4,6	1	20	60
7	Составление пояснительной записки	16	20	17,6	1	20	60
8	Проверка проекта	3	6	4,2	2	6	9
9	Сдача проекта	2	4	2,8	2	1	2
Итого							170

Далее по диаграмме Ганта можно рассчитать время работы для каждого исполнителя. Занятость исполнителей представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Диаграмма Ганта

Но- мер этапа	Этап работы	Исполни- тели	Т _{к,к} ал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апр.			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руководитель	3												
2	Изучение литературы	Дипломник	30												
3	Составление этапов проекта	Руководитель	3												
4	Проверка оборудования	Руководитель	1												
5	Выполнение работ	Руководитель	1												
6	Проведение исследований	Дипломник	60												
7	Составление пояснительной записки	Дипломник	60												
8	Проверка проекта	Дипломник	9												
		Руководитель	9												
9	Сдача проекта	Дипломник	2												
		Руководитель	2												

4.3.3. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 - 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах. Результаты расчета затрат представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на получение образца

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Легированный церием порошок иттрий-алюминиевого граната (Российская компания)	Кг	0,5	9750	4875

Суспензия оксида графена (Российская компания)	Кг	0,5	10000	5000
Перчатки резиновые, технические	Пар	20	12	240
Комплекс канцелярских принадлежностей	Штук	2	500	1000
Итого:				11115

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Таблица 20 – Затраты на оборудование

Номер	Наименование оборудования	Ц, руб.	Фс с, год	Фф, ч.	Зо б, руб.
1	Гидравлический пресс IP-500М авто	9 млн.	20	200	15000
2	Печь муфельная LHT08/18/P310	400000	15	400	1778
3	Установка «XRD-7000S»	50000	10	1000	833
4	Шлифовально-полировальный станок	230000	15	1000	2556
5	Компьютер	15000	5	500	250
6	спектрофотометр СФ-56	270000	5	90	8100
7	шаровая мельница МЛШ-01	200000	20	40	5000
Итого:					33517

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Таблица 21 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	19513	0,3	0,2	1,3	38050	1593,2	11,6	18481,1
Инженер	11083	0,3	0,2	1,3	21611	1136,4	113,6	129095
Итого:								147576,1

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 18481,1 = 2772,2 \text{ руб.} \quad (8)$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 129095 = 19364,3 \text{ руб.}, \quad (9)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формулам 8, 9

для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3*(18481,1+2772,2) = 6376 \text{ руб.} \quad (10)$$

для инженера:

$$3Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3*(129095 + 19364,3) = 44537,8 \text{ руб.} \quad (11)$$

Таблица 23 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
33517	11115	147576,1	22136,5	50913,8	265258,4	48319,26	313577.66

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Развитие метода квазиизостатического прессования керамических порошков в изделие сложной формы применением аддитивных технологий» по форме, приведенной в таблице 25. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	11115	18325	15945
2	Затраты на специальное оборудование	33517	65959,8	43453
3	Затраты по основной заработной плате	147576,1	147576,1	147576,1

	исполнителей темы			
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22136,5	22136,5	22136,5
5	Отчисления во внебюджетные фонды	50913,8	50913,8	50913,8
6	Накладные расходы	48319,2 6	46377,9 8	46377,9 8
	Бюджет затрат НИР	313577. 66	351289, 18	326402, 38

4.3.4. Организационная структура проекта

Таблица 25 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

4.3.5. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в табл. 26.

Таблица 26 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	20.03.2022
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	12.05.2022

4.3.6. Реестр рисков проекта

Выявленные риски проекта включают неопределенные события, которые могут произойти в рамках проекта и привести к последствиям неблагоприятного воздействия. Как показано в таблице 27 -30.

Таблица 27 – Социальные риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	Низкая квалификация ремонтного персонала	0	2	0,071	0
2	Непросвещенность компаний в области инерционных аппаратов	50	5	0,178	8,928
3	Бюрократические проволочки на стадии регистрации	50	8	0,285	14,285
4	Несоблюдение техники безопасности	25	7	0,25	6,25
5	Увеличение нагрузки на персонал	50	5	0,178	8,928
6	Отсутствие корпоративных стандартов	75	1	0,035	2,678
	Сумма		28	1	41,071

Таблица 28 – Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i * w_i$
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированность рынка	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 29 – Политические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Снижение приоритета Правительства РФ в области промышленных технологий	25	7	0,466	11,666
2	Смена власти	0	1	0,066	0
3	Угроза национализации	0	1	0,066	0
4	Отсутствие поддержки со стороны чиновников	75	6	0,4	30
	Сумма		15	1	41,666

Таблица 30 – Технологические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 31 – Научно-технические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	создание новых методов очистки ПЭВД	75	7	0,145	10,937
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом

характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i \quad (12)$$

Где:

H_T — показатель научно-технического уровня, определенный по трем признакам;

R_i — весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i — количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта.

Результаты в баллах отображены в таблицах 32 - 34.

Таблица 32 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэффициента
1. Уровень новизны	0,6
2. Теоретический уровень	0,3
3. Возможность реализации	0,3

Таблица 33 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы

Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, способ	8-10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия, дополняют ранее полученные результаты	6-7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	4-5
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 34 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1. Установка закона, разработка новой теории;	10
2. Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3. Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4. Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5. Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Оценки признаков отображены в таблице 35.

Таблица 35 – Количественная оценка признаков НИОКР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИОК	K_i	Π_i
1. Уровень новизны	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия	0,6	6
2. Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,3	7
3. Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,3	8
4. Масштабы реализации	Одно или несколько предприятий	0,2	2

Используя исходные данные по основным признакам научно-технической эффективности, определяем показатель научно - технического уровня:

$$H_m = 0,6 \cdot 6 + 0,3 \cdot 7 + 0,3 \cdot 8 + 0,2 \cdot 2 = 8,5 \quad (13)$$

Таблица 36 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТУ	Показатель НТУ
Низкий	1 – 4
Средний	4 – 7
Сравнительно высокий	7 – 10
Высокий	10 – 13

Итого данная НИР имеет высокий уровень НТУ равный 8,5.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 179 день; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 113 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 12 дней;

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 313577,66 руб;

Данная НИР имеет высокий уровень НТУ равный 8,5.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4БМ02		ФИО Ху Чжэньфэн	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Влияние оксида графена на плотность керамики на основе иттрий-алюминиевого граната	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. 2. Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Иттриево-алюминиевый гранат, оксид графена Область применения: получение люминесцентной керамики Рабочая зона: лаборатория Размеры помещения зона: 8*6 квадратных метров.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: шаровая мельница МЛШ-01, автоматический пресс IP-500 AUTO, высокотемпературной печи ЛНТ 02/18, спектрофотометр СФ-56, рентгеновский дифрактометр XRD-7000</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Порошковые смеси на основе YAG:Ce и оксида графена (GO) с концентрацией от 0,1 до 1 мас. % были подготовлены с использованием шаровой мельницы. Холодное статическое прессование проводили на прессе IP-500 AUTO при давлении 400 МПа. Спекание проводили в высокотемпературной печи ЛНТ 02/18 на воздухе при температурах от 1 250°C до 1650°C.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения при разработке проектного решения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 2. организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021). ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 22614-77. Система «человекмашина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 2. Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные и опасные факторы и методы их предотвращения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Повышенная температура воздуха рабочей зоны – Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; – Движущиеся машины и механизмы; – Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – Прохождение инструктажа обязательно для всех принимаемых на работу; – Лаборатория оборудована звуконепроницаемыми наушниками; – При работе в химической лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани, для защиты рук резиновые перчатки; - Работа с химическими веществами должна максимально проводиться под вытяжным шкафом с включенной приточно-вытяжной вентиляцией, (согласно методическим рекомендациям ПНД Ф 12.13.1-03)
3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения:</u>	<p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы отходами керамики или оксидами, содержащими ионы редкоземельных элементов.</p> <p>Воздействие на гидросферу: при подготовке и промывке керамики отработанные органические растворители сливаются.</p> <p>Воздействие на атмосферу: влияние утечки нанопорошков, используемых при приготовлении керамики, на воздух.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения:</u>	Наиболее типичная ЧС – пожар-
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
12.03.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О. А.	К.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Ху Чжэньфэн		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Настоящая работа направлена на анализ свойств люминесцентных керамических изделий на основе иттриево-алюминиевого граната (YAG) путем легирования различными концентрациями оксида графена, YAG: Ce может возбуждаться синим светодиодным чипом, и желтый свет, излучаемый им, дополняет синий свет, излучаемый светодиодным чипом, и оба смешиваются, образуя белый свет. Оксид графен обладает превосходными оптическими свойствами. Людей очень интересуют оптические свойства флуоресцентной керамики, полученной после смешивания оксида графена с иттриево-алюминиевым гранатом.

Объект исследования: Иттриево-алюминиевый гранат, оксид графена

Область применения: получение люминесцентной керамики

Рабочая зона: Экспериментальные работы проходили в лаборатории ТПУ корпуса №10. Лаборатория отделения наноматериалов и нанотехнологий, Инженерная школа новых производственных технологий Томского политехнического университета (НМНТ ИШНПТ ТПУ), г. Томск; Для создания правильного микроклимата рабочей зоны необходимо, чтобы размеры помещения соответствовали нормам вместимости используемого оборудования и непосредственным работникам лаборатории. На одного рабочего должно приходиться: площадь - $4,5 \text{ м}^2$, объем воздуха 20 м^3 . Помещение в котором производились работы имеет параметры: длина 8 м, ширина 6 м, высота 4 м, общая площадь 48 м^2 , общий объем 172 м^3 . Установка для электроимпульсного плазменного спекания и прочее оборудование занимает площадь 24 м^2 . Одновременно в лаборатории может работать до 5 человек.

Размеры помещения климатическая зона: комнатная температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Количество и наименование оборудования рабочей зоны:

шаровая мельница МЛШ-01, автоматический пресс IP-500 AUTO, высокотемпературной печи ЛНТ 02/18, спектрофотометр СФ-56, рентгеновский дифрактометр XRD-7000

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Порошковые смеси на основе YAG:Ce и оксида графена (GO) с концентрацией от 0,1 до 1 мас. % были подготовлены с использованием шаровой мельницы. Холодное статическое прессование проводили на прессе IP-500 AUTO при давлении 400 МПа. Спекание проводили в высокотемпературной печи LHT 02/18 на воздухе при температурах от 1 250°C до 1650°C.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно постановлению наноматериалы не относятся к опасным веществам, если достоверными источниками не доказано обратное. Важнейшим объектом внимания при оценке риска для здоровья, связанного с наноматериалами, является использование наночастиц и наноматериалов в окружающую среду в процессе их производства. Исследуемые порошки иттриево-алюминиевого граната, легированного церием относятся к токсичным наночастицам, и по методам использования и анализа представляют опасности для человека.

В лабораторию допускаются только лица, достигшие совершеннолетия, являющиеся сотрудниками или студентами (в т.ч. студенты по обмену, лица, выполняющие практические, курсовые и дипломные работы). Проинструктированные ответственным за лабораторию и оборудование безопасным приемам труда, инструктаж проводится на основании государственного эталона – «Организация обучения по сохранности труда [76]. Общие положения». Обязательность обучения и инструктирования работников по охране труда отражены в Трудовом кодексе Российской Федерации. Работодатель должен организовать проведение инструктажей, обучение и стажировку по безопасным способам выполнения работ, оказанию первой доврачебной помощи пострадавшим. Сотрудники научно-технической лаборатории обязаны регулярно проходить медицинское обследование.

При работе с наночастицами и наноструктурными материалами все работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты такими как очки, при необходимости маской для защиты дыхательных путей, халатом. Контроль за исполнением требований законодательной 82 базы осуществляется Федеральной инспекцией труда при Министерстве труда и социальной защиты Российской Федерации. Так же работники лаборатории должны проводить технологический перерыв каждые 1,5 – 2 час продолжительностью не менее 15 минут. Проветривание помещения проводится после влажной уборки в конце рабочего дня.

Соблюдение всех правил по охране труда может в достаточной мере гарантировать безопасность работников предприятий. Охрана труда работников на предприятии лежит на руководстве предприятия, а отвечает за нее – инженер по технике безопасности. Каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда. Основные эргономические требования организации рабочей зоны исследователя:

- Отсутствие лишних объектов;
- Рабочее оборудование должно соответствовать технике безопасности и быть удобным;
- Освещение рабочего места должно соответствовать нормам;
- Помещение должно хорошо проветриваться.

Организация обслуживания рабочего места означает его обеспечение средствами, предметами труда и услугами, необходимыми для осуществления трудового процесса. Правильно организовать рабочее место – это значит создать безопасные и удобные условия для ведения работы, а 83 так же обеспечить его в соответствии со специализацией и технологическим назначением, достичь рационального уровня использования оборудования и рабочего времени, наладить обслуживание рабочего места средствами связи и оргтехники, а также доступ к материальному и информационному обеспечению. При этом материально-технические средства должны быть размещены в зоне рабочего

места в соответствии с содержанием выполняемой работы и требованиями рациональных трудовых приемов.

Для создания комфортной рабочей среды руководствуются требованиями [78]. Для изучения свойств и получения керамических образцов необходим лабораторный комплекс, включающий в себя: гидравлический пресс для формования, высокотемпературные печи и сушильные шкафы, а также для изучения предусмотрена станция анализа изображений, полученных на оптическом и растровом микроскопе.

5.2. Производственная безопасность

Возможные опасные и вредные факторы в ходе проведения НИР представлены в таблице 37.

Таблица 37 - Возможные опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Изготовление слоистого материала 1. Формование образцов методом холодного одноосного прессования 2. Высокотемпературный обжиг 3. Сушка 4. Высокотемпературный обжиг	<ul style="list-style-type: none"> • Недостаточная освещенность рабочей зоны • Повышенная температура воздуха рабочей зоны • Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может произойти через тело человека; • Движущиеся машины и механизмы; • Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 	<ul style="list-style-type: none"> • СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий; • СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; • Общие требования электробезопасности приводятся в ГОСТ Р 12.1.019 ССБТ. • Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в ГН 2.2.5.1313. • ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. • ГОСТ 12.4.299-2015. Межгосударственный стандарт. • ГОСТ ISO 12100-2013. Межгосударственный стандарт.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

В рабочем помещении подвального типа нет источников естественного освещения, поэтому все основное освещение является искусственным. В рабочем помещении в качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы Philips TL-D 36W/54-765-G13, обеспечивающие освещенность помещения не менее 300 люкс в соответствии с нормированием освещенности [79].

Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Микроклимат характеризуется тремя основными параметрами: температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздушных масс. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в санитарных правилах [80].

Работа при проведении исследований относится к категории Па, так как иногда приходится переносить предметы массой свыше 10 кг. Из этого следует, что в холодный период года оптимальные значения показателей микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 19-21°C, относительная влажность воздуха 60- 40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с. Для теплого периода года данные показатели составляют: температура воздуха

20-22 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Превышение допустимой температуры воздуха рабочей зоны может быть вызвана неисправностью кондиционеров или долгой работой установки для электроимпульсного спекания на высокой мощности, особенно высокая вероятность отклонения показателей микроклимата присутствует в жаркие дни.

Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны

В результате необходимо предпринять следующие меры и охранные предприятия от перечисленных факторов.

Требования к нормам предельной концентрации загрязнения, в данном случае частицам, возникающим при формовке и шлифовании. Наличие данного вещества в воздухе помещения соответствует III классу опасности. Из данных таблиц [81] известна норма ПДК данного вещества в воздухе помещения: до 2 мг/м³. Загрузочные и разгрузочные устройства емкостей для хранения сухих отходов должны быть оборудованы аспирацией с аппаратами для очистки воздуха. Общую вытяжную систему общеобменной вентиляции и местных отсосов допускается проектировать: для одного лабораторного помещения научно-исследовательского и производственного назначения категорий В4, если в оборудовании, снабженном местными отсосами, не образуются взрывоопасные смеси. Рециркуляция воздуха не допускается из лабораторных помещений научно-исследовательского и производственного назначения, в которых могут производиться работы с вредными аэрозолями (порошки формовочной смеси).

Периодичность контроля для III класса опасности устанавливается не реже 1 раза в квартал. При установленном соответствии содержания вредных веществ III классов опасности уровню ПДК допускается проводить контроль не реже 1 раза в год.

Загрузочные и разгрузочные устройства емкостей для хранения исходных порошков должны быть оборудованы аспирацией с аппаратами для очистки воздуха в соответствии [82].

Из представленных источников средством защиты от вредного

воздействия является хранение мелкодисперсных порошков в плотно закрытых емкостях, формование образцов производить в помещении с системой очистки воздуха. Отходы формовочной смеси на территории предприятий должны храниться в закрытых емкостях: бункерах или контейнерах. Загрузочные и разгрузочные устройства емкостей для хранения сухих отходов должны быть оборудованы аспирацией с аппаратами для очистки воздуха. Водяное орошение чаще всего применяется в местах пересыпки пылящих материалов.

После окончания смены, руки следует обработать ожиряющими мазями. Для ограждения лаборантов от вредных факторов на производстве предлагаются следующие средства индивидуальной защиты: специальная рабочая одежда и обувь, респираторы, а также средства защиты от щелочного воздействия в виде защитных кремов и мазей.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которое может произойти через тело человека;

В ходе выполнения работы были использованы следующие электроприборы: гидравлический пресс, высокотемпературная муфельная печь, электронный микрометр, электронные весы, персональный компьютер, сканирующий электронный микроскоп, рентгенофазовый анализатор. Все эти приборы при неправильной эксплуатации или обслуживании несут опасность поражения электрическим током.

Наиболее вероятной причиной электротравм является прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека имеет разносторонний характер. Ток, проходящий через тело человека способен оказывать электролитическое, термическое и биологическое действие .

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям электроприборы должны быть заземлены или занулены.

При работе с электроприборами должны соблюдаться «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»,

установленные. Все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, должны проходить инструктаж на рабочем месте, к самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие проверку на знание техники безопасности [83].

Движущиеся машины и механизмы

Основным источником механической опасности в рабочей зоне является гидравлический пресс IP-500M авто. Подвижные части пресса и осколки сломавшейся под давлением прессовой оснастки способны нанести серьезный урон здоровью человека.

Машины и механизмы имеющие подвижные части, способные нанести вред здоровью человека, должны быть оснащены защитными или предохранительными устройствами. В нашем случае пресс оснащен подвижным защитным кожухом, но данная защитная мера ограничивает видимость процесса прессования. В случае, когда наблюдение за процессом прессования необходимо, должны использоваться индивидуальные средства защиты лица и глаз, соответствующие требованиям.

Безопасные расстояния для предохранения верхних конечностей от попадания в опасную зону указаны в ГОСТ ISO 12100-2013 . Для используемого в работе пресса, в данном нормативном акте установлено расстояние равное 1,4 м при высоте защитного ограждения 1м.

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Основным источником термической опасности при выполнении работы была муфельная печь ЛНТ 08/18/P310. Данная печь способна нагреваться до температуры 3000 °С. Температура обжига керамики YAG достигает 1250 - 1650 °С. Также при припекании стекла к керамической подложке существует опасность взрыва в случае недостаточной сушки изделий., при соприкосновении с поверхностью, нагретой до такой температуры, можно получить термические ожоги, степень которых будет зависеть от времени взаимодействия с горячей поверхностью и площади контакта.

Для предотвращения ожогов к печи не притрагиваются с момента начала спекания до остывания образцов и футеровки печи до комнатной температуры.

В случае если все же образец нужно достать из печи до его остывания до комнатной температуры, пользуются специальными щипцами и термостойкими рукавицами [82].

5.3. Экологическая безопасность

Проникновение наночастиц в окружающую среду чревато многими последствиями, однако, в связи с недостатком информации, на сегодняшний день сложно спрогнозировать и оценить их степень риска. Наиболее важным фактором, определяющим важность оценки экологической безопасности наноматериалов является малый размер, который открывает частицам пути в самые разные системы и организмы нашего мира. С другой стороны, исследователи отмечают, что токсичность в большей степени связана с примесями, присутствующими в наноматериалах, чем с самими материалами. Это обусловлено высокими адсорбционными свойствами наночастиц. Так, частицы с легкостью поглощают загрязнители и легко их распространяют, обходя природные барьеры. Наночастицы могут представлять опасность для любого элемента экосистемы, однако степень этой опасности пока не известна.

Основными источниками загрязнения окружающей среды в проводимой НИР являются частицы нанопорошков и отходы получаемые в результате получения образцов. Однако учитывая тот факт, что навески порошков имеют малую концентрацию, а отходы по электроимпульсному плазменному спеканию очень малы, то можно считать данное производство безопасным.

Для защиты атмосферы используются вентиляционные системы, улавливающие частицы. На сегодняшний день не существует нормативных данных по фильтрам для мелкодисперсных частиц. При этом учитывают, что частицы с размерами порядка 10^{-7} – 10^{-8} м ведут себя как молекулы газа, а частицы с большими размерами, как частицы пыли. Для фильтрации воздуха применяют комбинированные газопылезащитные системы, которые улавливают частицы всех размеров [83].

Поскольку работы ведутся с сухими порошками без жидких примесей, то утилизацию отходов путем слива в канализацию не проводят. Если все-таки

косвенно произойдет попадание наночастиц в воду, то концентрация будет незначительной и не нанесет вреда [83].

Попадание мелкодисперсных частиц порошков в литосферу может происходить в случае неправильной утилизации твердых отходов производства. Все лабораторные эксперименты исследовательский характер, и навески порошка для изготовления образцов имеют незначительную малую массу. Доля отходов в лаборатории мала, поэтому допускается утилизация в мусорные контейнеры. Если частицы рабочих порошков попали в литосферу, особой опасности они нести не станут за счет своей малой концентрации, и в виду отсутствия токсичности [84].

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) необходимо разработать и ознакомить сотрудников с рядом действий и, уменьшающих масштабы ЧС. Также необходимо проводить планирование по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Наиболее вероятными для научно-исследовательской лаборатории чрезвычайными ситуациями являются пожар (возгорание).

Возгорание может возникнуть по ряду причин, среди которых неисправная проводка, неисправное оборудование, в виду неосторожного или не правильного обращение с установкой. В хорошо вентилируемом помещении интенсивный приток воздуха может способствовать быстрому распространению пламени. Потому, при распространении огня, если возгорание не ликвидировано в первые несколько секунд,, следует в первую очередь отключить вентилятор и закрыть вентиляционный канал. Последовательность действий при пожаре:

- подать сигнала о помощи;
- удалить из зоны горения все материалы, способные к воспламенению, в случае возможности, удалить источник воспламенения;
- обесточить электрооборудование, ставшее источником воспламенения или обесточить все помещение;
- применить первичные средства пожаротушения.

Последовательность действий зависит от конкретной ситуации.

Регулярно следует проводить мероприятия по мониторингу и повышению устойчивости организации при ЧС:

инженерно-технические – повышение устойчивости сооружений, контроль за технологическими процессами, противопожарные мероприятия (система сигнализации, средства пожаротушения и пр.), утилизация и контроль сроков хранения и объемов пожаро- и взрывоопасных веществ, дублирование и контроль источников электроснабжения, защита водоисточников, защита уникального и ценного оборудования.

организационные – включают в себя разработку плана действий при ЧС, прогнозирование последствий, создание и контроль систем оповещения, подготовка персонала, проведение учений. Помимо этого, к инженерно-техническим мерам относятся разработка планов и технологических карт по снижению опасности при возникновении аварийных ситуаций, восстановление нарушенного производства и локализация последствий.

специальные мероприятия - обеспечение и правильного хранения исследуемых порошков, создание запаса средств для нейтрализации опасных и вредных веществ.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо:

1. Обеспечить соблюдение установленного противопожарного режима в лабораториях (помещениях);

2. Следить за исправностью системы отопления, вентиляции, электроустановок, технологического оборудования и принимать немедленные меры к устранению обнаруженных неисправностей, могущих привести к пожару;

3. Следить за тем, чтобы после окончания работы и занятий проводилась уборка рабочих мест и помещений, отключалась электросеть, за исключением дежурного освещения электроустановок, которые по условиям технологического процесса производства должны работать круглосуточно;

4. Обеспечить содержание в исправности и постоянной готовности к действию имеющихся средств и установок пожаротушения, связи и сигнализации;

5. Допускать к работе лиц, прошедших противопожарный инструктаж под роспись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

6. Сотрудники, студенты и преподаватели, работающие в лаборатории (помещении), обязаны соблюдать пожарную безопасность при работе, строго соблюдать установленные правила и требования настоящей инструкции, не допускать действий, которые могут привести к пожару; знать местонахождение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться

В лаборатории имеются 2 огнетушителя марки ОУ-2 предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, за исключением щелочноземельных элементов, а также электроустановок под напряжением до 1000В. При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, не допускается подходить раструб ближе 1 метра до электроустановки и пламени.

Выводы по разделу

Принимая во внимание безопасность и гигиену труда при изучении процесса одноосного прессования и спекания люминесцентной керамики ИАГ, вредные факторы в рабочей зоне, такие как движение механических устройств, свет, микроклимат, содержание в воздухе токсичных и раздражающих веществ, были определены. Рабочая зона и опасные зоны - опасность поражения электрическим током, пожара и взрыва. Их анализ основывался на воздействии фактора на организм человека, согласно допустимым нормам и рекомендуемым средствам защиты. Рассмотрены типовые аварийные ситуации и предложены превентивные меры. Проведено осмысление и отбор законодательных и нормативных документов по теме.

Электрооборудование в рабочей зоне соответствует стандартным "Правила устройства электроустановок (ПУЭ)" [86], и является помещением без повышенной опасности. Работники строго соблюдают "Правил по охране труда

при эксплуатации электроустановок"[87] и принимают соответствующие меры защиты при эксплуатации оборудования. В соответствии с правилами СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"[88] , категория тяжести труда рабочей зоны принадлежит Ia. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009[89], Категория опасных помещений в рабочей зоне относится к "Г умеренная пожароопасность". Продукты исследовательского процесса являются объектами IV категории в соответствии с стандартными "критерий отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий"[90].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы изготовлены образцы люминесцентной керамики на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного церием с добавками оксида графена в количестве от 0 до 1 мас. % при температурах 1250-1650 °С. Исследовано влияние оксида графена на плотность и люминесцентные свойства керамики. Эффективность люминесценции полученной керамики сопоставима с коммерческими порошковыми люминофорами.

Сделаны следующие выводы:

Установлено, что керамика на основе YAG:Ce с максимальной плотностью (98,9 %) может быть получена методом прессования с последующим спеканием на воздухе при давлении 400 МПа, температуре 1650 °С и выдержке 2 часов.

Добавка оксида графена 1 мас. % способствует повышению плотности керамики на основе YAG:Ce на 1,5 оксида графена %.

Наибольшая эффективность люминесценции (33 %) керамики YAG:Ce наблюдается при содержании 0,5 мас. % оксида графена.

Литературный обзор на иностранном языке

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Ху Чжэньфэн		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	Д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Н.В. Демьяненко	-		

1. Literature review

1.1. Optical ceramics

In optics, transparency is the physical property of a material that allows light to pass through it without scattering. Ceramics are polycrystalline, consisting of grains, grain boundaries, pores and impurities. When light is incident, uneven microstructures such as residual pores, impurities, and grain boundaries cause the light to scatter and refract. Light absorption is a phenomenon in which electrons in a substance migrate and absorb light energy, and is an inherent property of matter. When there are absorbing ions in the material, some wavelengths of light cannot be transmitted [16].

Conventional optically transparent materials mainly include glass, polymers and alkali compounds, which are widely used in industry and daily life. However, the mechanical strength of these materials is relatively low, and sometimes the chemical and physical stability is insufficient. More importantly, conventional transparent materials have strong absorption in the IR range, which makes them unsuitable for applications in this spectral range [17].

Increasing the purity of raw materials is the key to increasing the transparency of ceramics, therefore, when obtaining transparent ceramics, powders with a purity of more than 99.9%, high dispersion and high activity should be used. Impurities in the raw material will generate different phases, forming light scattering centers and reducing the transparency of the ceramic. When the particle size of the raw material is small and highly dispersed, the pores between the particles are smaller and diffusion is easier during sintering, which is beneficial for discharging the pores so that the ceramic structure is uniform and the transparency is improved [18].

The preparation of transparent ceramics is essentially a sintering porous discharge compaction process. Therefore, porosity has an important effect on the optical transmission of transparent ceramics. Under certain conditions, when the pore volume is 3%, the light transmission is only 0.01%, and when the pore volume is 0. At 3%, the transmittance reaches 10% [19].

1.2. Physical and chemical properties of yttrium-aluminum garnet

Yttrium aluminum garnet ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ or YAG) is a crystalline material of the garnet group. It is also one of the three phases of the yttrium aluminum composite, with the other two being monoclinic yttrium aluminum (YAM) and yttrium aluminum perovskite (YAP). YAG has a cubic crystal structure and belongs to an isometric crystal system [20]. Due to the centrosymmetric cubic crystal structure, its optical properties are isotropic. Due to its high thermal stability, stable chemical properties, and unique uniform optical properties, transparent YAG ceramic is not only an important high-temperature structural material, but also an excellent carrier material for fluorescence and high-power solid-state laser applications [21]. YAG ceramics doped with Nd and Er, is a typical laser material. Doped (Ce:YAG) is used as a phosphor in cathode ray tubes and white LEDs, and as a scintillator.

Yttrium aluminum garnet belongs to the cubic crystal system, space group $\text{O}_h(10)\text{-I}_a3d$, point group $m3m$, lattice constant 12.002\AA , each unit cell contains 8 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ molecules, total 96 O^{2-} ions, 40 Al^{3+} ions and 24 Y^{3+} ions. The crystal structure is shown in fig.

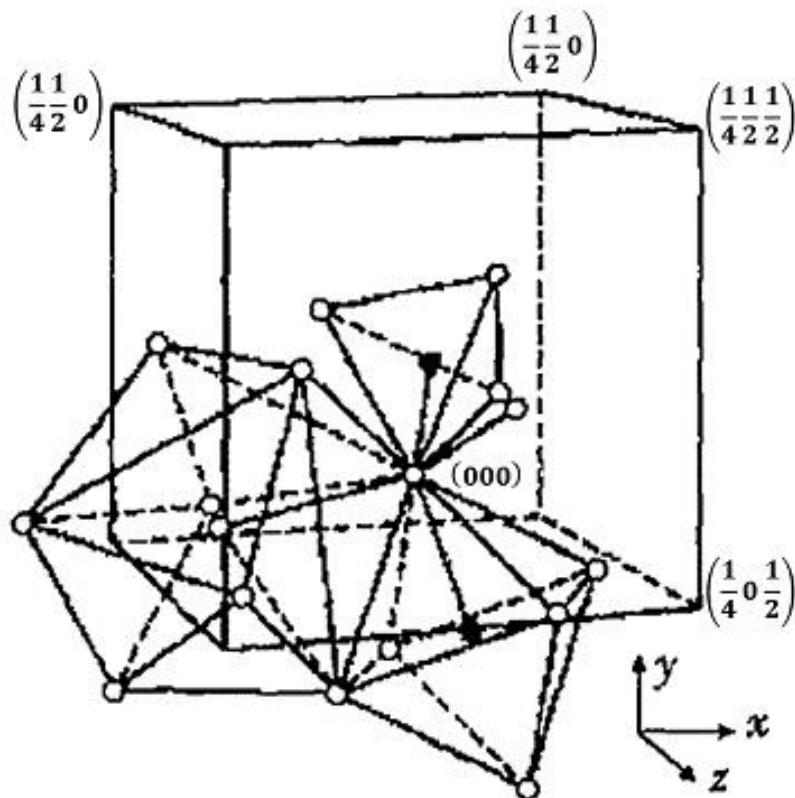


Figure 1 – 1/8 Structural model of the unit cell of a crystal of yttrium-aluminum garnet

Since the first report by Ikesue on transparent polycrystalline Nd:YAG ceramics for laser media in 1995, more and more attention has been paid to the fabrication of YAG [22–25]. Transparent YAG ceramics not doped with other substances have been fabricated using various techniques, including vacuum sintering, hot pressing sintering, and spark plasma sintering.

With the development of YAG ceramics, people began to add rare earth elements to ceramics to obtain the required properties. Among them, transparent Ce:YAG ceramics have been studied as laser and scintillation materials. Due to its excellent optical properties and thermal conductivity, it has been developed to improve the performance of white LEDs. In recent years, white light-emitting diodes (WLEDs) have attracted increasing attention as the next generation solid-state lighting source due to their high light output, long lifespan, and environmentally friendly composition [26–28]. Well-known WLEDs for general lighting include blue InGaN chips and yellow YAG:Ce phosphors currently commercially available. The phosphor is uniformly encapsulated in the encapsulation resin.

As early as the 1960s, ceramics began to be studied as a laser amplification medium [22]. In the 1970s, Nd:Y₂O₃-ThO₂ was successfully used for pulsed laser oscillations [23], although the efficiency of laser oscillations is relatively low. The development of practical ceramic lasers began in 1995. Using polycrystalline Nd:YAG ceramic laser amplifiers to generate laser oscillations [24], this shows that ceramic materials can overcome the technical and economic problems of melting and growing single crystals. Since then, several advances have been made such as efficient laser oscillation in compact devices, easy control of laser modes, and generation of highly focused coherent light beams. Then use Nd:YSAG and Yb ceramics: YSAG for generation of ultrashort pulsed lasers (from picosecond to femtosecond). Subsequently, using Nd:YAG ceramics, a generation of 1.47 kW was successfully generated, although its oscillation efficiency was 15% lower than that of a single crystal. Later ceramic Nd:YAG was fabricated to demonstrate a laser with a diameter of 1.06 mm with an output power of 67 kilowatts or even more than 100 kilowatts. At present,

Nd:YAG doped with rare earth elements is still the most widely studied and most widely used high-power laser ceramic [29].

Transparent ceramic materials with appropriate thermal and mechanical properties are very useful as jackets for short-arc lamps containing various fillers for focusing light beams that operate at temperatures above the melting point of quartz. Coarse-grained translucent polycrystalline alumina ceramics have been used as cladding in gas discharge lamps for decades. Translucent polycrystalline alumina (PCA) doped with magnesium-based additives discovered in the 1960s has played a catalytic role in the lighting industry. This made it possible to create and widely use high-pressure sodium lamps [29]. In the 1990s metal halide lamps were introduced with translucent aluminum oxide tubes, cylindrical or round, for white light and general illumination due to the translucent nature of conventional translucent alumina [30]. Other transparent ceramic materials as materials for improving LED lamps include ALON, YAG, Y_2O_3 , and Dy_2O_3 [31]. Using advances in ceramic powder synthesis, molding and sintering technology, various shapes (cylindrical, spherical, spherical and oval) can be produced. It is believed that there will be an increasing interest in the development and production of these new types of lighting ceramics. various shapes (cylindrical, spherical, spherical and oval) can be produced. It is believed that there will be an increasing interest in the development and production of these new types of lighting ceramics. various shapes (cylindrical, spherical, spherical and oval) can be produced. It is believed that there will be an increasing interest in the development and production of these new types of lighting ceramics.

A scintillator is an optical material that emits photonic pulses of visible light when excited by high energy radiation. A gamma ray spectrometer that provides high sensitivity and efficient isotope discrimination requires high energy resolution, high effective atomic number, and scintillators that can be manufactured in large sizes. Transparent ceramics such as YAG (Ce), LuAG and Lu_2O_3 represent a promising class of polycrystalline materials for scintillator applications. Through the use of transparent ceramics, it is possible not only to significantly reduce production costs, but also to significantly increase the concentration and uniformity of activators. Transparent

ceramics have become a replacement for single crystals for applications in scintillators such as gamma spectroscopy and X-ray diffraction [32–33].

When exposed to light emission, fluorescent materials excite electrons from the ground state to an excited state of higher energy. When electrons return from an excited state to the ground state, if excess energy is released by optical radiation, this is called photoluminescence [34-35].

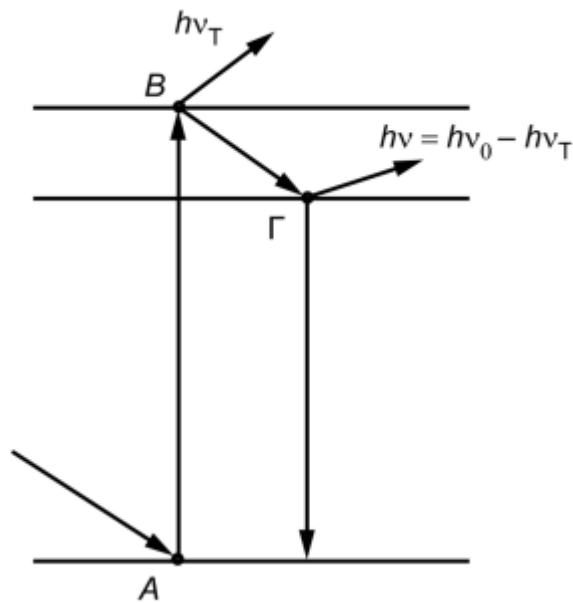


Figure 2 – photoluminescence mechanism [34]

Rare earth elements refer to lanthanides with atomic atomic numbers from 57 to 71 in the periodic table, namely lanthanum (La), cerium (Ce), praseodymium (Pr), neodymium (Nd), promethium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb) and lutetium (Lu); plus scandium (Sc) and yttrium (Y), for a total of 17 elements.

Table 1 – Electronic configurations of rare earth elements [38]

Element	Electronic configuration	Electronic configuration RE3+
Sc	[Ar]4s ² 3d ¹	[Ar]
Y	[Kr]4s ² 4d ¹	[Kr]

La	[Xe]6s ² 5d ¹	[Xe]
Ce	[Xe]6s ² 4f ¹ 5d ¹	[Xe] 4f ¹
Pr	[Xe]6s ² 4f ³	[Xe] 4f ²
Nd	[Xe]6s ² 4f ⁴	[Xe] 4f ³
Pm	[Xe]6s ² 4f ⁵	[Xe] 4f ⁴
Sm	[Xe]6s ² 4f ⁶	[Xe] 4f ⁵
Eu	[Xe]6s ² 4f ⁷	[Xe] 4f ⁶
Gd	[Xe]6s ² 4f ⁷ 5d ¹	[Xe] 4f ⁷
Tb	[Xe]6s ² 4f ⁹	[Xe] 4f ⁸
Dy	[Xe]6s ² 4f ¹⁰	[Xe] 4f ⁹
Ho	[Xe]6s ² 4f ¹¹	[Xe] 4f ¹⁰
Er	[Xe]6s ² 4f ¹²	[Xe] 4f ¹¹
Tm	[Xe]6s ² 4f ¹³	[Xe] 4f ¹²
Yb	[Xe]6s ² 4f ¹⁴	[Xe] 4f ¹³
Lu	[Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹	[Xe] 4f ¹⁴

Since the outermost electrons of the rare earth lanthanide ions have different energy level differences, when the electrons in the 4f layer absorb the energy of the outer photons, the excitation transition to the high energy band can occur. The electrons in the high energy band are in an unbalanced state. When it returns to its original ground state in the form of a radiative transition, light is produced [36].

In the presence of 4f ↔ 5d ionic transitions, the energy bands of the 5d electrons of Ce³⁺ and Eu²⁺ are low and have a high light absorption capacity, which is often used as a mediator for materials for fluorescent light conversion [35-36].

The excitation and emission transitions of Ce³⁺ refer to 4f↔5d. The lifetime of electrons in the 5d layer of the excitation band is relatively short (typically 30 ~ 100ns)

and has excellent luminous properties (the emission quantum efficiency is 90%). It is one of the most popular rare earth activators by researchers [37]. The excitation transition and the radiation transition of Ce^{3+} refer to $4f \leftrightarrow 5d$. Therefore, it not only has a high ability to absorb excited light, but also has a high photoluminescence efficiency. It is often used as a sensitization center and a luminescence center in luminescent materials.

1.3. Physical and chemical properties of graphene oxide

The history of graphene oxide can be traced back to research in graphite chemistry many years ago. Graphene oxide was first reported by Schaffhautl in 1840 and Brodie in 1859 [39–40]. British chemists investigated the structure of graphite by studying the reactivity of flake graphite. One of his graphene oxide synthesis reactions involved the addition of potassium chlorate (KClO_3) to form a suspension of graphite in nitric acid. He believes the resulting material contains hydrogen, carbon and oxygen to improve the overall mass of the graphite. The resulting crystalline material has a distorted structure, small size and limited thickness. Therefore, the conjugation angle of the resulting grating cannot be calculated using reflectometry. In addition, the oxidative treatment increased the oxygen content and reached the limit after four successive reactions. The C:H:O composition is calculated as 61.04:1.85:37.11; it has the chemical formula $\text{C}_{2.19} \text{H}_{0.80} \text{O}_{1.00}$.

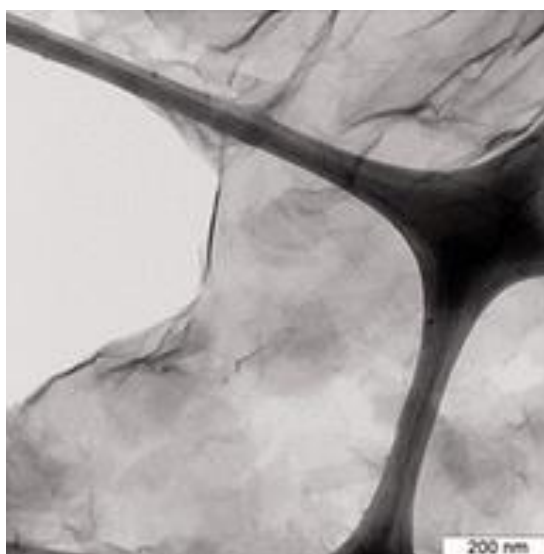


Figure 3 – TEM image of graphene oxide [38]

In addition to efficient oxidative mechanisms, the exact chemical structure of GO has been debated over the years. Even today, there is no definitive model for the structure of GO. The complexity of the GO structure can be caused by various reasons. Reasons considered are: Lack of accurate analytical methods to characterize such materials; material complexity (including sample-to-sample variability); berthollide character (i.e. non-stoichiometric atomic composition) [38].

Although these properties of GO make it difficult to understand the structure, reasonable efforts have been made to understand the structure with great success. According to the earliest structural models, GO consists of regular lattices with repeating individual elements. The structure of Hofmann and Holst suggested that across the basal planes, the graphite is composed of distributed epoxy groups (Figure 2). They think that CO_2 is a pure molecular formula. Ruess suggested in 1946 that along with the epoxy groups, hydroxyl groups were also present in the basal plane of the GO. These groups are responsible for the hydrogen content of GO. This Ruess model shows sp^3 hybridization in the GO basal plane structure instead of the sp^2 hybridization proposed by Hofmann and Holst. The Ruess model still assumes a repeated unit, where 1/4 of the cyclohexanes consisted of epoxides at 1,3 positions and was hydroxylated at the 4 position, forming the correct lattice structure. Mermoux postulated that the structure of GO is similar to that of poly(carbon monofluoride), $(\text{CF})_n$, in which complete rehybridization of sp^2 planes in graphite to sp^3 cyclohexyl leads to the formation of C–F bonds. Ten years later, Scholz and Boehm revisited the stereochemistry of this model and changed it to ribbed carbon layers containing interchangeably bonded quinoidal ribbons and chair-shaped open cyclohexane rings. They considered that there was no evidence for the presence of either epoxy or ether in the GO structure. Instead, the hydroxyl group was present at the 4th position of the 1,2 oxidized cyclohexane rings. One useful model was proposed by Nakajima In their model,

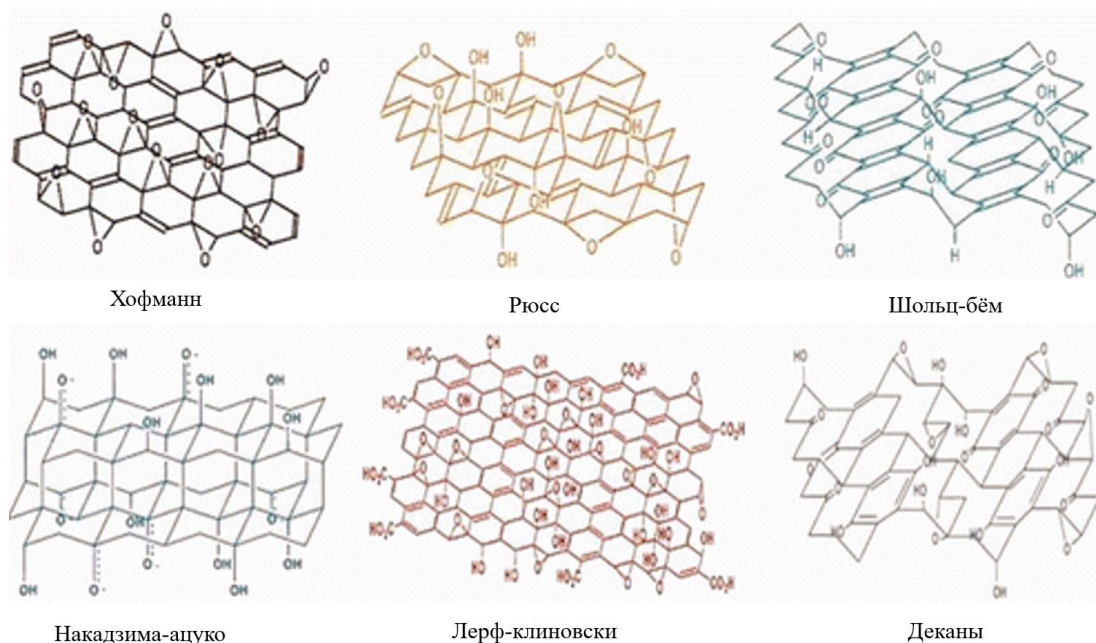


Figure 4 – Structure type of graphene oxide [38-42].

[41] prepared a ^{13}C -labeled GO sample in 2008 and analyzed it using 1D and 2D Solid State Nuclear Magnetic Resonance (SSNMR). These methods led to the conclusion that the only possible models here were the Klinovsky model and the Decani model. Simultaneously, chemical shift calculations were used to simulate SSNMR signals in GO. Geometry optimization of GO and chemical shift calculations showed a two- or one-quantum 2D ^{13}C correlation. The SSNMR spectrum was compared with the spectra modeled for various structural models. These assumptions showed that only the Lerf-Klinowski model was the best model with experimental data, thus all previously proposed models were omitted.

Compared with graphene (G), graphene oxide (GO) has the advantages of low cost, large-scale production, and easy processing. Through in-depth study of GO, scientists have found that it also has excellent properties rich in functional groups of reactive oxygen species. These oxygen-containing groups or reduced doping elements can be designed for covalent/non-covalent modification as sites of catalytic activity in accordance with the requirements of specific applications. In addition, the presence of oxygen-containing groups also increases the interlayer gap of graphene oxide. It can be functionalized by intercalation of small molecules or polymers. At present, great progress has been made in the functionalization of graphene oxide [43].

Due to the large number of defects and the presence of oxygen functional groups leading to disruption of the sp^2 bond, graphene oxide usually has low electrical conductivity and poor thermal stability. In [44], it was suggested that graphene oxide exhibits excellent photoluminescence with wavelengths in the near ultraviolet to near infrared range. This becomes useful for biosensors and optoelectronics. The presence of oxygen functional groups and defects contributes significantly to the chemical activity of GO, which contributes to the reduction efficiency. This is due to the presence of oxygen with a low content of functional groups in the reduced graphene oxide. Additionally, it was confirmed that graphene oxide contains many oxygen functional groups,

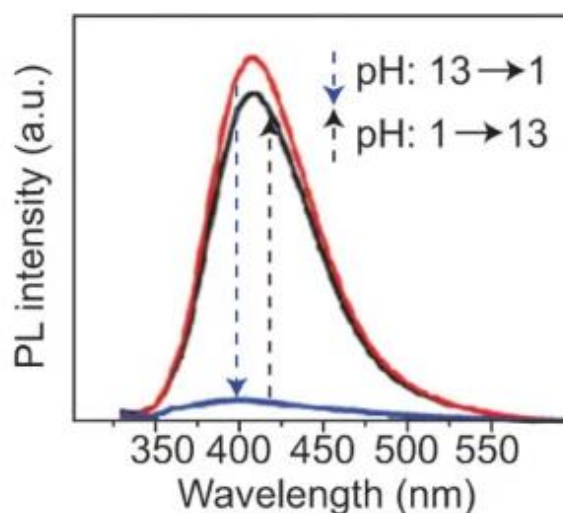


Figure 5 – Photoluminescence of graphene quantum dots depends on pH (from blue to black with increasing pH and from red to blue with decreasing pH) [44].

Figure 25 demonstrates that the blue fluorescence of graphene quantum dots is pH dependent. That is, the fluorescence is strong enough to be observed with the naked eye at high pH levels, while at low pH values. It is nearly quenched. In support of their model, they suggest that protonation of the $\sigma^1\pi^1$ ground state emitting zigzag site under acidic conditions quenches fluorescence, while deprotonation under basic conditions restores fluorescence.

Mechanical properties refers to the mechanical properties of graphene oxide in various environments and under various factors. These characteristics include their

inherent strength, ductility, toughness, hardness, brittleness, ductility, stiffness, elasticity, and yield strength. The researchers reported that the decrease in the energy stability of graphene oxide and the destruction of the sp^2 carbon network led to a monotonic decrease in intrinsic strength and Young's modulus, which further reduced the band gap under uniaxial tension. During the work [45–46], a uniform stress distribution was observed in graphene oxide with a stiffness and strength of 40 GPa and 120 MPa, respectively.

The thermal properties of graphene refer to its thermal conductivity associated with the reaction of the material when heated. This reaction may include a phase change, an increase in temperature, a change in volume or length, the onset of a reaction, or other changes in chemical or physical quantities. Taking into account the thermal conductivity of graphene oxide synthesized using graphite as a precursor, the authors of [47] report a low thermal conductivity of GO in the range of 0.5–1 W/(m K). This result is not ideal for applications with good thermal properties, since graphene is one of the materials with the highest thermal conductivity in the range of 3000-5000 W/(m K), so it is necessary to use the polymer included in the reduced GO to improve the thermal conductivity of synthetic GO.

Flexible energy storage devices made from graphene oxide, graphene, and polymer/GO paper-like materials are finding various new applications in mobile electronic devices, including electronic paper, roll-to-roll displays, wearable systems for specialty computing, multimedia, or medical devices, and stretch interconnected circuits. . Flexible supercapacitors made from paper-like materials have outstanding properties such as long service life, good operational safety, moderate energy density and high power density. Thus, they are highly anticipated as modern energy storage devices. Free-standing bonded-free electrode with high capacity and promising mechanical strength, is a potential source of flexible supercapacitors, although conductive polymer and transition metal oxide are widely considered as supercapacitor electrode materials. Only carbon-based paper-like materials have promising flexibility and have therefore been chosen as self-supporting soft electrodes. Films, paper and clothing made from CNTs/fibers have been found to be suitable off-line electrodes.

However, these electrodes always have a high capacitance due to the less active surfaces of carbon-based materials. Therefore, incorporating a second phase that is electrochemically active in a stand-alone electrode containing carbon-based materials can improve the capacitance of the electrode. Derived from exfoliated graphite, graphene oxide provides a practical route to flexible, low cost, mass production, ease of application and outstanding optoelectronic properties of paper-like materials. The unique features of GO are its solubility in various solvents, which makes it possible to include GO in composites to improve its properties. Various methods have been used to obtain composite materials based on graphene oxide, graphene, and GO/graphene, which allow the fabrication of flexible energy storage devices, transparent conductors, sensors, medical devices, memory devices, and photovoltaic cells. Although further work is needed to create improved graphene-based electrodes, their advantage lies in high permeability and low deposition cost for new applications. To understand the processing process, structure and fundamental properties of GO/graphene based paper, more development needs to be done to improve and explore the very versatile properties of composites. GO offers an exciting platform for physics, engineering, materials science and chemistry of an exceptional 2D system. In addition to this, it also provides an opportunity to learn carbon-based thin paper technology. Continuous research across all disciplines should further enhance the potential of GO/graphene paper-like material as an electrode in energy storage devices [48-52].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yao Q., Zhang, L., Zhang, J., Jiang, Z., Sun, B., Shao, C.. Simple mass-preparation and enhanced thermal performance of Ce: YAG transparent ceramics for high power white LEDs //Ceramics International. – 2019. – Т. 45. – №. 5. – С. 6356-6362.
2. Reineke, S., Lindner, F., Schwartz, G., Seidler, N., Walzer, K., Lüssem, B.. White organic light-emitting diodes with fluorescent tube efficiency //Nature. – 2009. – Т. 459. – №. 7244. – С. 234-238.
3. Rosemann, N. W., Eußner, J. P., Beyer, A., Koch, S. W., Volz, K., Dehnen, S.. A highly efficient directional molecular white-light emitter driven by a continuous-wave laser diode //Science. – 2016. – Т. 352. – №. 6291. – С. 1301-1304.
4. Pattison, P. M., Tsao, J. Y., Brainard, G. C.. LEDs for photons, physiology and food //Nature. – 2018. – Т. 563. – №. 7732. – С. 493-500.
5. Zhang, L., Sun, B., Shao, C., Zhen, F., Wei, S., Bu, W.. Preparation, band-structure and luminescence of double perovskite $\text{Ba}_2\text{MgM}_0\text{O}_6$: Eu^{3+} orange-red phosphor for white LEDs //Ceramics International. – 2018. – Т. 44. – №. 14. – С. 17305-17312.
6. Bi, J., Li, J. G., Zhu, Q., Chen, J., Li, X., Sun, X.. Yellow-emitting $(\text{Tb}_{1-x}\text{Ce}_x)_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ phosphor powder and ceramic ($0 \leq x \leq 0.05$): Phase evolution, photoluminescence, and the process of energy transfer //Ceramics International. – 2017. – Т. 43. – №. 11. – С. 8163-8170.
7. Abdelmlek, K. B., Araoud, Z., Charrada, K.. Optimization of the thermal distribution of multi-chip LED package //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 126. – С. 653-660.
8. Wang, H., Lu, Z., Huang, Z., Cedelle, J.. Size effect on hardness for micro-sized and nano-sized YAG transparent ceramics //Ceramics International. – 2018. – Т. 44. – №. 11. – С. 12472-12476.
9. Du, Q., Feng, S., Qin, H., Hua, H., Ding, H., Jia, L.. Massive red-shifting of Ce 3+ emission by Mg 2+ and Si 4+ doping of YAG: Ce transparent ceramic phosphors //Journal of Materials Chemistry C. – 2018. – Т. 6. – №. 45. – С. 12200-12205.

10. Pendolino F., Armata N. Graphene oxide in environmental remediation process. – Switzerland : Springer, 2017. – T. 11. – C. 6330.
11. Safdari, F., Raissi, H., Shahabi, M.. DFT calculations and molecular dynamics simulation study on the adsorption of 5-fluorouracil anticancer drug on graphene oxide nanosheet as a drug delivery vehicle //Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. – 2017. – T. 27. – №. 3. – C. 805-817.
12. Yang, Y. H., Bolling, L., Priolo, M. A.. Super gas barrier and selectivity of graphene oxide- polymer multilayer thin films //Advanced Materials. – 2013. – T. 25. – №. 4. – C. 503-508.
13. Wang X., Chen Z., Yang S. Application of graphene oxides for the removal of Pb (II) ions from aqueous solutions: Experimental and DFT calculation //Journal of Molecular Liquids. – 2015. – T. 211. – C. 957-964.
14. Smith, A. T., LaChance, A. M., Zeng, S., Liu, B.. Synthesis, properties, and applications of graphene oxide/reduced graphene oxide and their nanocomposites //Nano Materials Science. – 2019. – T. 1. – №. 1. – C. 31-47.
15. Chee, W. K., Lim, H. N., Harrison, I., Chong, K. F., Zainal, Z., Ng, C. H.. Performance of flexible and binderless polypyrrole/graphene oxide/zinc oxide supercapacitor electrode in a symmetrical two-electrode configuration //Electrochimica Acta. – 2015. – T. 157. – C. 88-94.
16. Kodera Y., Hardin C. L., Garay J. E. Transmitting, emitting and controlling light: Processing of transparent ceramics using current-activated pressure-assisted densification //Scripta Materialia. – 2013. – T. 69. – №. 2. – C. 149-154.
17. Wang, S. F., Zhang, J., Luo, D. W., Gu, F., Tang, D. Y., Dong, Z. L.. Transparent ceramics: Processing, materials and applications //Progress in solid state chemistry. – 2013. – T. 41. – №. 1-2. – C. 20-54.
18. Sanghera, J., Kim, W., Villalobos, G., Shaw, B., Baker, C., Frantz, J.. Ceramic laser materials //Materials. – 2012. – T. 5. – №. 2. – C. 258-277.
19. Garanin, S. G., Osipov, V. V., Shitov, V. A., Solomonov, V. I., Lukyashin, K. E., Spirina, A. V.. Nd: YAG/Cr: YAG composite laser ceramics //Atmospheric and Oceanic Optics. – 2016. – T. 29. – №. 4. – C. 381-384.

20. Xu, G., Zhang, X., He, W., Liu, H., Li, H.. Preparation of highly dispersed YAG nano-sized powder by co-precipitation method //Materials Letters. – 2006. – T. 60. – №. 7. – C. 962-965.
21. Li, C. Q., Zuo, H. B., Zhang, M. F., Han, J. C.. Fabrication of transparent YAG ceramics by traditional solid-state-reaction method //Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2007. – T. 17. – №. 1. – C. 148-153.
22. Ikesue A., Furusato I., Kamata K. Fabrication of polycrystal line, transparent YAG ceramics by a solid- state reaction method //Journal of the American Ceramic Society. – 1995. – T. 78. – №. 1. – C. 225-228.
23. Ikesue A., Kamata K., Yoshida K. Synthesis of Nd³⁺, Cr³⁺- codoped YAG ceramics for high- efficiency solid- state lasers //Journal of the American Ceramic Society. – 1995. – T. 78. – №. 9. – C. 2545-2547.
24. Ikesue, A., Kinoshita, T., Kamata, K.. Fabrication and optical properties of high-performance polycrystalline Nd: YAG ceramics for solid- state lasers //Journal of the American Ceramic Society. – 1995. – T. 78. – №. 4. – C. 1033-1040.
25. Zhang, X., Liu, H., He, W., Wang, J., Li, X.. Novel synthesis of YAG by solvothermal method //Journal of Crystal growth. – 2005. – T. 275. – №. 1-2. – C. e1913-e1917.
26. Zych, E., Brecher, C., Wojtowicz, A. J.. Luminescence properties of Ce-activated YAG optical ceramic scintillator materials //Journal of luminescence. – 1997. – T. 75. – №. 3. – C. 193-203.
27. Feng, T., Shi, J., Jin, X.. Effect of sc substitution for Al on the optical properties of transparent Ce: YAG ceramics //Journal of the American Ceramic Society. – 2008. – T. 91. – №. 7. – C. 2394-2397.
28. Li, J., Sahi, S., Groza, M., Pan, Y., Burger, A., Kenarangui, R.. Optical and scintillation properties of Ce³⁺- doped LuAG and YAG transparent ceramics: a comparative study //Journal of the American Ceramic Society. – 2017. – T. 100. – №. 1. – C. 150-156.

29. Xin, Z., Wang, Y., Fu, Q., Cheng, H., Cheng, X.. Effect of glass cover layer on the ballistic performance of transparent ceramic armor //Ceramics International. – 2021. – T. 47. – №. 20. – C. 29277-29284.
30. Zhang, Y., Lei, H., Li, G., Zeng, L.. Yb³⁺/Er³⁺ co-doped transparent tellurite glass-ceramic for enhanced upconversion luminescence //Optical Materials. – 2020. – T. 99. – C. 109552.
31. Zhao, W., Zhang, K., He, Z., Xue, J., Li, W., Xie, D.. Vacuum sintering of highly transparent La_{1.28}Yb_{1.28}Zr₂O₇.₈₄ ceramic using nanosized raw powders //Ceramics International. – 2018. – T. 44. – №. 11. – C. 12535-12538.
32. Brecher C., Bartram R. H., Lempicki A. Hole traps in Lu₂O₃: Eu ceramic scintillators. I. Persistent afterglow //Journal of luminescence. – 2004. – T. 106. – №. 2. – C. 159-168.
33. Cherepy, N. J., Kuntz, J. D., Tillotson, T. M., Speaks, D. T., Payne, S. A., Chai, B. H. T.. Cerium-doped single crystal and transparent ceramic lutetium aluminum garnet scintillators //Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2007. – T. 579. – №. 1. – C. 38-41.
34. Blasse G., Grabmaier B. C. A general introduction to luminescent materials //Luminescent materials. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1994. – C. 1-9.
35. Zhang W., Zhou X., Zhong X. One-pot noninjection synthesis of Cu-doped Zn_xCd_{1-x}S nanocrystals with emission color tunable over entire visible spectrum //Inorganic Chemistry. – 2012. – T. 51. – №. 6. – C. 3579-3587.
36. Zongyu, F., Zhuang, W., Huang, X., Xiaofan, W. E. N.. Effect of MgF₂-H₃BO₃ flux on the properties of (Ce, Tb) MgAl₁₁O₁₉ phosphor //Journal of Rare Earths. – 2010. – T. 28. – №. 3. – C. 351-355.
37. George, N. C., Pell, A. J., Dantelle, G., Page, K., Llobet, A., Balasubramanian, M.. Local environments of dilute activator ions in the solid-state lighting phosphor Y_{3-x}Ce_xAl₅O₁₂ //Chemistry of Materials. – 2013. – T. 25. – №. 20. – C. 3979-3995.
38. Ajala, O. J., Tijani, J. O., Bankole, M. T.. A Critical Review on Graphene Oxide Nanostructured material: Properties, Synthesis, Characterization and Application in

- Water and Wastewater Treatment //Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. – 2022. – C. 100673.
- 39.Schafhaeutl C. LXXXVI. On the combinations of carbon with silicon and iron, and other metals, forming the different species of cast iron, steel, and malleable iron //The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. – 1840. – T. 16. – №. 106. – C. 570-590.
- 40.Brodie B. C. XIII. On the atomic weight of graphite //Philosophical transactions of the Royal Society of London. – 1859. – №. 149. – C. 249-259.
- 41.He, H., Riedl, T., Lerf, A.. Solid-state NMR studies of the structure of graphite oxide //The Journal of physical chemistry. – 1996. – T. 100. – №. 51. – C. 19954-19958.
- 42.Casabianca, L. B., Shaibat, M. A., Cai, W. W., Park, S., Piner, R., Ruoff, R. S.. NMR-based structural modeling of graphite oxide using multidimensional ¹³C solid-state NMR and ab initio chemical shift calculations //Journal of the American Chemical Society. – 2010. – T. 132. – №. 16. – C. 5672-5676.
- 43.Yu, W., Sisi, L., Haiyan, Y.. Progress in the functional modification of graphene/graphene oxide: A review //RSC Advances. – 2020. – T. 10. – №. 26. – C. 15328-15345.
- 44.Loh, K. P., Bao, Q., Eda, G.. Graphene oxide as a chemically tunable platform for optical applications //Nature chemistry. – 2010. – T. 2. – №. 12. – C. 1015-1024.
- 45.Gupta T. Carbon: the black, the gray and the transparent. – Springer, 2017.
- 46.Kashif, M., Jaafar, E., Bhadja, P., Low, F. W., Sahari, S. K., Hussain, S.. Effect of potassium permanganate on morphological, structural and electro-optical properties of graphene oxide thin films //Arabian Journal of Chemistry. – 2021. – T. 14. – №. 2. – C. 102953.
- 47.Fang H., Bai S. L., Wong C. P. “White graphene”–hexagonal boron nitride based polymeric composites and their application in thermal management //Composites Communications. – 2016. – T. 2. – C. 19-24.

48. Xu, Y., Bai, H., Lu, G., Li, C.. Flexible graphene films via the filtration of water-soluble noncovalent functionalized graphene sheets //Journal of the American Chemical Society. – 2008. – Т. 130. – №. 18. – С. 5856-5857.
49. Naz A., Kausar A., Siddiq M. Preparation and properties of multi-layered polypyrrole/polyethylene glycol/poly (styrene-co-maleic anhydride) cumene terminated/4, 4'-methylenedianiline/graphite-based nanocomposites //Journal of Plastic Film & Sheeting. – 2014. – Т. 30. – №. 4. – С. 388-411.
50. Yousefi, N., Gudarzi, M. M., Zheng, Q., Lin, X., Shen, X., Jia, J.. Highly aligned, ultralarge-size reduced graphene oxide/polyurethane nanocomposites: mechanical properties and moisture permeability //Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2013. – Т. 49. – С. 42-50.
51. Gómez-Navarro, C., Weitz, R. T., Bittner, A. M., Scolari, M., Mews, A., Burghard, M.. Electronic transport properties of individual chemically reduced graphene oxide sheets //Nano letters. – 2007. – Т. 7. – №. 11. – С. 3499-3503.
52. Ramanathan, T., Abdala, A. A., Stankovich, S., Dikin, D. A., Herrera-Alonso, M., Piner, R. D.. Functionalized graphene sheets for polymer nanocomposites //Nature nanotechnology. – 2008. – Т. 3. – №. 6. – С. 327-331.
53. Иконников Д. А. Спектры поглощения, люминесценции и апконверсионные свойства редкоземельных ионов в боратах, фторидах и молибдатах : дис. – Красноярск, 2018, 2018.
54. You, Y., Qi, L., Li, X.. Preparation of YAG nano-powders via an ultrasonic spray co-precipitation method //Ceramics International. – 2013. – Т. 39. – №. 4. – С. 3987-3992.
55. Borlaf, M., Frankowska, M., Kubiak, W. W.. Strong photoluminescence emission at low dopant amount in YAG: Ce and YAG: Eu phosphors //Materials Research Bulletin. – 2018. – Т. 100. – С. 413-419.
56. Potdevin, A., Chadeyron, G., Boyer, D.. Sol- gel based YAG: Ce³⁺ powders for applications in LED devices //physica status solidi c. – 2007. – Т. 4. – №. 1. – С. 65-69.

57. Hakuta, Y., Haganuma, T., Sue, K., Adschiri, T.. Continuous production of phosphor YAG: Tb nanoparticles by hydrothermal synthesis in supercritical water //Materials research bulletin. – 2003. – Т. 38. – №. 7. – С. 1257-1265.
58. Huczko, A., Kurcz, M., Baranowski, P., Bystrzejewski, M., Bhattarai, A., Dyjak, S.. Fast combustion synthesis and characterization of YAG: Ce⁺ garnet nanopowders //physica status solidi (b). – 2013. – Т. 250. – №. 12. – С. 2702-2708.
59. Li, J., Pan, Y., Zeng, Y., Liu, W., Jiang, B.. The history, development, and future prospects for laser ceramics: A review //International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2013. – Т. 39. – С. 44-52.
60. Chen, L., Luo, Y., Xia, Y., Kang, B.. Densification, microstructure and optical properties of YAG transparent ceramics prepared by dry-pressing and gelcasting //Optical Materials. – 2021. – Т. 121. – С. 111509.
61. Ge, L., Li, J., Zhou, Z., Liu, B., Xie, T., Liu, J.. Nd: YAG transparent ceramics fabricated by direct cold isostatic pressing and vacuum sintering //Optical Materials. – 2015. – Т. 50. – С. 25-31.
62. Кауль А. Р. Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов //М.: Московский государственный университет. – 2008.
63. Nečina, V., Hostaša, J., Pabst, W.. Magnesium fluoride (MgF₂)—A novel sintering additive for the preparation of transparent YAG ceramics via SPS //Journal of the European Ceramic Society. – 2022. – Т. 42. – №. 7. – С. 3290-3296.
64. Zhou, T., Zhang, L., Li, Z., Wei, S., Wu, J., Wang, L.. Toward vacuum sintering of YAG transparent ceramic using divalent dopant as sintering aids: Investigation of microstructural evolution and optical property //Ceramics International. – 2017. – Т. 43. – №. 3. – С. 3140-3146.
65. Yao, B., Su, H., Zhang, J., Ren, Q., Ma, W., Liu, L.. Sintering densification and microstructure formation of bulk Al₂O₃/YAG eutectic ceramics by hot pressing based on fine eutectic structure //Materials & Design. – 2016. – Т. 92. – С. 213-222.
66. Upadhyaya G. S. Some issues in sintering science and technology //Materials chemistry and physics. – 2001. – Т. 67. – №. 1-3. – С. 1-5.

67. Zhang, D., Cai, R., Zhou, Y., Shao, Z., Liao, X. Z.. Effect of milling method and time on the properties and electrochemical performance of LiFePO₄/C composites prepared by ball milling and thermal treatment // *Electrochimica Acta*. – 2010. – Т. 55. – №. 8. – С. 2653-2661.
68. Kim, J. K., Cheruvally, G., Ahn, J. H.. Electrochemical properties of LiFePO₄/C composite cathode material: carbon coating by the precursor method and direct addition // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 2008. – Т. 69. – №. 5-6. – С. 1257-1260.
69. Ge, L., Li, J., Zhou, Z., Liu, B., Xie, T., Liu, J.. Nd: YAG transparent ceramics fabricated by direct cold isostatic pressing and vacuum sintering // *Optical Materials*. – 2015. – Т. 50. – С. 25-31.
70. Choi J. J., Ryu J., Kim H. E. Microstructural evolution of transparent PLZT ceramics sintered in air and oxygen atmospheres // *Journal of the American Ceramic Society*. – 2001. – Т. 84. – №. 7. – С. 1465-1469.
71. Monshi A., Foroughi M. R., Monshi M. R. Modified Scherrer equation to estimate more accurately nano-crystallite size using XRD // *World J Nano Sci Eng*, 2012, 2: 154. – 2012. – Т. 160.
72. Dong, Y., Zhou, G., Jun, X., Zhao, G., Su, F., Su, L.. Luminescence studies of Ce: YAG using vacuum ultraviolet synchrotron radiation // *Materials research bulletin*. – 2006. – Т. 41. – №. 10. – С. 1959-1963.
73. Mares, J. A., Nikl, M., Beitlerova, A., D'Ambrosio, C., De Notaristefani, F., Blazek, K.. Scintillation photoelectron Nphels (E) and light LY (E) yields of YAP: Ce and YAG: Ce crystals // *Optical Materials*. – 2003. – Т. 24. – №. 1-2. – С. 281-284.
74. Blazek, K., Krasnikov, A., Nejezchleb, K., Nikl, M., Savikhina, T.. Luminescence and defects creation in Ce³⁺- doped Lu₃Al₅O₁₂ crystals // *physica status solidi (b)*. – 2004. – Т. 241. – №. 5. – С. 1134-1140.
75. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. ред. от 30.04.2021) // *Собрание законодательства РФ*. - 07.01.2002.
76. ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. 1979–01–01. – М.: Изд-во стандартов,

1986. – 9 с.
- 77.ГОСТ 21889-76 ССБТ. Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Файл – Введ. 1977–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1982. 5– 8 с.
- 78.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. – М.: Официальный сайт Минстроя России www.minstroyrf.ru. – 2020. – С. 1-92.
- 79.Афанасьева Р. Ф. и др. СанПиН 2.2. 4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 2.2. 4. Физические факторы производственной среды. Санитарные правила и нормы. – 1996.
- 80.ГОСТ 12.1.009–2009 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения. – Введ. 2009–12–10. – М.: Стандартиформ, 2010. –12 с
- 81.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – Введ. 1983–06–30 – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 15 с
- 82..ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1977–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.
- 83.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
- 84.ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 85.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – Введ. 1983–06–30 – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 15 с
- 86.категорию помещения по электробезопасности согласно ПУЭ Седьмое издание.
- 87."Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок"
- 88.СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

89.СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

90.Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Чжэньфэн Х., Пайгин В. Д. Влияния оксида графена на плотность Се: YAG при различных температурах спекания на воздухе //Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции, г. Томск, 25-30 октября 2021 г. – 2021. – С. 114-116.