

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
 Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Люминесцентные характеристики керамики на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием.

УДК661.88:666.3:535.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B51	Елисеева Татьяна Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Степанов С.А.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Степанов С.А.	к.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оплотехники
Р2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области световой, оптической и лазерной техники, оптического и светотехнического материаловедения и оптических и светотехнических технологий
Р3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оплотехники
Р4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
Р5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
Р6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оплотехники
Р8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
Р9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
Р10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
Р11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 12.03.02 Опотехника
 Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Степанов С.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4B51	Елисеева Татьяна Дмитриевна

Тема работы:

Люминесцентные характеристики керамики на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	Литература по теме ВКР. Объект исследования - керамика на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1. Обзор литературы: поликристаллические материалы; влияние микроструктуры на оптические свойства; влияние кислородных вакансий на оптические свойства; прозрачный диоксид циркония; кристаллическая структура; люминесцентные свойства диоксид циркония; люминесцентные свойства неактивированного диоксида циркония; люминесцентные свойства активированного диоксида циркония, методы измерения люминесцентных характеристик. 2. Спектрально-кинетические характеристики

	керамик на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного различной концентрацией иона европия; 3. Анализ полученных результатов.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Спектры поглощения/ пропускания керамик на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного различной концентрацией иона европия; 2. Спектры катодoluminescenciикерамик на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного различной концентрацией иона европия.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Ассистент Николаенко В.С.
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД ШБИП Скачкова Л.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Степанов С.А.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В51	Елисеева Т.Д.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4B51	Елисеевой Татьяне Дмитриевне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. В исследовании задействовано 2 человека: научный руководитель и студент. 2. Научно-техническое исследование выполняется на оборудовании лаборатории отделения материаловедения, 3. Стоимость кристаллов для экспериментов – 2000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы рабочего времени, выполнения исследования
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды от ФОТ – 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Потенциальные потребители НТИ 2. Оценка научного уровня исследования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	1. Планирование научно-исследовательских работ 2. Расчёт бюджета затрат на исследование
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B51	Елисеева Татьяна Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4B51	Елисеевой Татьяне Дмитриевне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 «Оптотехника»

Тема ВКР:

Люминесцентные характеристики керамики на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Характеристика работы: компьютерный анализ данных
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) - ГОСТ 12.2.032-78
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Отклонение температуры и влажности воздуха от нормы; – Высокий уровень шума; – Воздействие электрического тока на человека
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – наличие отходов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– выбор наиболее типичной ЧС; – разработать профилактические меры по устойчивой работе производства.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B51	Елисеева Татьяна Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 79 с., 39 рис., 19 табл., источника.

Ключевые слова: катодолюминесценция, спектрально-кинетические характеристики, керамика, иттрий стабилизированный диоксид циркония, европий.

Объектом исследования являются образцы керамики на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием.

Цель работы – исследование оптических и спектрально-кинетических характеристик катодолюминесценции керамики на основе иттрий стабилизированного диоксида циркония активированного европием.

В процессе исследования проводились сбор, обработка и систематизация литературных данных о оптических и спектрально-кинетических характеристиках исследуемых керамических образцов, проведен экономический анализ работ, определены мероприятия по технике безопасности.

Степень внедрения: результаты работы внедрены в лаборатории физэлектроники быстропротекающих процессов отделения материаловедения.

Область применения: светодиодные источники света, рентгенография.

Экономическая значимость работы обусловлена созданием новых высокоэффективных материалов фотоники для нужд оптического приборостроения, что относится к стратегическому направлению развития экономики РФ в области энергоэффективности.

В будущем планируется дальнейшее изучение стимулированных процессов передачи энергии в керамических материалах, активированных редкоземельными элементами.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

SPS(Spark Plasma Sintering) – электроискровое спекание

РЗЭ – редкоземельные элементы

YSZ (Yttria-stabilized zirconium dioxide)–иттрий-стабилизированный диоксид циркония

PL –фотолюминесценция

Оглавление

Введение	10
1 Обзор литературы	11
1.1 Поликристаллические материалы.	11
1.2 Прозрачный диоксид циркония.	12
1.3 Люминесцентные свойства YSZ.....	13
1.4 Люминесцентные свойства неактивированного диоксида циркония.....	13
1.5 Люминесцентные свойства активированного РЗИ диоксида циркония ...	17
2. Объекты и методы экспериментального исследования	26
2.1 Методы экспериментального исследования	26
2.2 Исследуемые YSZ керамические образцы с допантами РЗЭ.	31
3. Экспериментальные исследования спектрально-кинетических характеристик, исследуемых YSZ керамических образцов	33
3.1 Спектры полного пропускания и поглощения	33
3.2 YSZ керамические образцы с допантами РЗЭ	37
3.2.1 Като�олюминесценция	38
3.3 Сравнительный анализ оптико-люминесцентных характеристик керамических образцов с допантами РЗЭ	42
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	47
5 Социальная ответственность	65
Заключение	76
Список используемых источников.....	77

Введение

С каждым годом возрастает интерес к керамике на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония (YSZ). Расширяются области её применения. Этот материал сочетает в себе высокие механические и функциональные свойства, он прозрачен для электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн и обладает высоким показателем преломления (около 2,2 в видимой области спектра). Одним из вариантов улучшения свойств керамических материалов является добавка к YSZ третьего компонента, что может привести к изменению структуры.

В связи с этим использование YSZ керамики представляется перспективным в оптоэлектронике, для производства новых источников света и в квантовой оптике. В настоящее время прозрачную и светопропускающую керамику на основе диоксида циркония получают в основном методами горячего прессования и электроимпульсного плазменного спекания.

Целью работы является исследование оптических и спектрально-кинетических характеристик катодолюминесценции керамики на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония активированного европием.

1 Обзор литературы

1.1 Поликристаллические материалы.

Прозрачные поликристаллические керамики все чаще используются в оптических приложениях. Обусловлено это в первую очередь возможностью создания керамических материалов различной формы по сравнению с традиционными монокристаллами. Кроме того, поликристаллические керамики имеют более равномерное распределение легирующей примеси, чем монокристаллы.

Однако существенный недостаток керамики для оптических применений обусловлен снижением оптического качества вызванный наличием пор и других дефектов. Тем не менее, постоянное совершенствование технологии синтеза данного вида материала, приводят к высокому качеству оптической керамики.

В отличие от структурных дефектов, точечные дефекты могут поглощать свет, снижая светопропускание. Примеси почти всегда существуют в керамике, и некоторые из них могут служить центрами поглощения света. Точечные дефекты керамики, изготовленной SPS методом, являются кислородные вакансии.

Большинство экспериментов, проводимых с помощью SPS методики, применяются графитовые пресс-формы. Недостаток использования графитовых пресс-форм для оптической керамики заключается в том, что обработанная керамика часто имеет темные включения и, следовательно, прозрачность образцов снижается.



Рисунок 1.1 - Образцы керамики YSZ при трех разных периодах обработки(а-10 мин; б-11мин; в-12мин)

В керамиках потемнение вызвано уменьшением кислорода, то есть его недостатком в составе. Таким образом, поглощение света кислородными вакансиями с захваченными электронами, приводят к потемнению. Следовательно, можно сделать вывод, что чем дольше время синтеза, тем больше кислорода и темнее образец.

1.2 Прозрачный диоксид циркония.

Цирконий (ZrO_2) привлек значительное внимание из-за его механических, электрических, тепловых и люминесцентных свойств. Люминесцирующий ZrO_2 позволяет использовать его в различных областях, таких как например, кислородные датчики, лазерная техника, биологическая маркировка, термолюминесцентные ультрафиолетовые дозиметры и т. д.

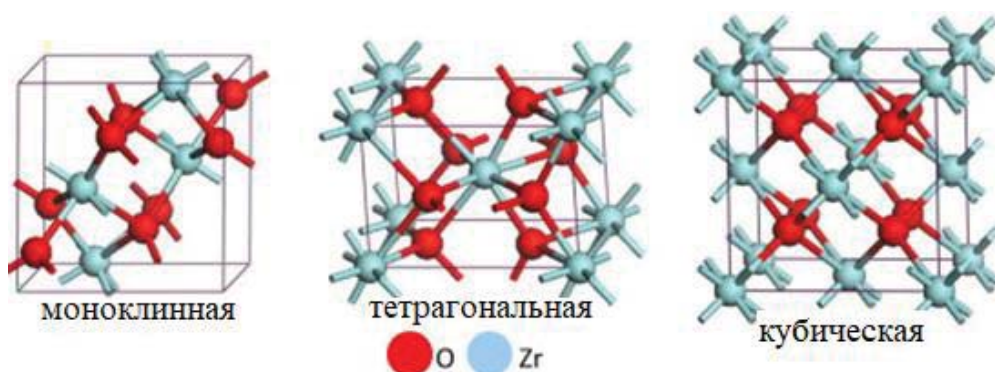


Рисунок 1.2 - Кристаллическая структура $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$

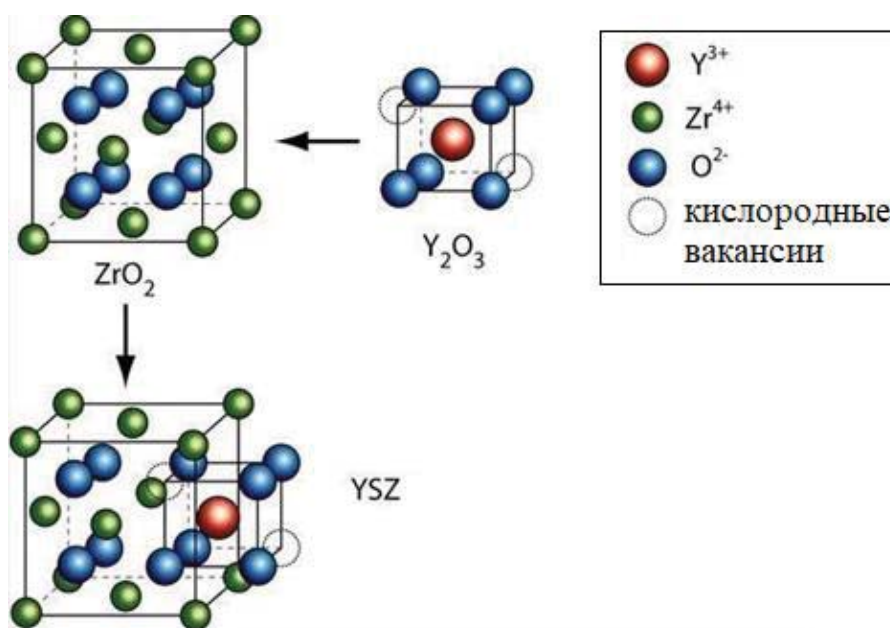


Рисунок 1.3 - Процесс стабилизации ZrO_2 оксидом Y_2O_3

Много различных дефектов, связанных с излучением полосы наблюдаются в чистых и/или Y-стабилизированных материалах ZrO_2 в видимом спектральном диапазоне.

1.3 Люминесцентные свойства YSZ

В научных публикациях имеется много работ, посвященных исследованиям люминесценции ZrO_2 . Как правило, для практических применений ZrO_2 предпочтительны порошки. Большинство исследований в литературе относятся к нелегированным и легированным порошкам ZrO_2 . Размеры зерен кристаллитов варьируются - от нескольких десятков нанометров до 100 мкм. Отмечается достаточно широкая спектральная область прозрачности ZrO_2 . Электронный переход основного вещества (основное поглощение) возбуждался выше 4,2 эВ, а в инфракрасной области - поглощение фононов ниже 600 см^{-1} .

Согласно зонной теории, энергия запрещенной зоны зависит от структуры материала, так как изменение положений атомов приводит к изменению интеграла обменного взаимодействия. Это и объясняет зависимость запрещенной зоны от кристаллической структуры ZrO_2 (моноклинная, тетрагональная и кубическая). Экспериментально оцененная ширина запрещенной зоны для моноклинной фазы составляет 4,2-5,83 эВ, для тетрагональной 4,2-5,78 и кубической 4,6-6,1 эВ. Теоретически рассчитанная запрещенная зона для моноклинной фазы составляет 4,46 эВ, для тетрагональной фазы 4,28 эВ и для кубической фазы 4,93 эВ.

1.4 Люминесцентные свойства неактивированного диоксида циркония

В работе [1] проводится сравнительный анализ люминесцентных свойств монокристаллов, нанопорошков и керамики. В ходе исследования использовались монокристалл тетрагональной структуры ZrO_2 : Y (AlfaAesar), нанопорошок ZrO_2 : Y был синтезирован гидротермальным методом, (структура

нанокристаллов была тетрагональной, размеры зерен в пределах 13-27 нм), коммерчески доступная керамика $\text{ZrO}_2: \text{Y}$.

Спектры фотолюминесценции и кинетики затухания были измерены с использованием импульсного лазерного возбуждения (4,66 эВ, (266 нм), 8 нс) при комнатной температуре.

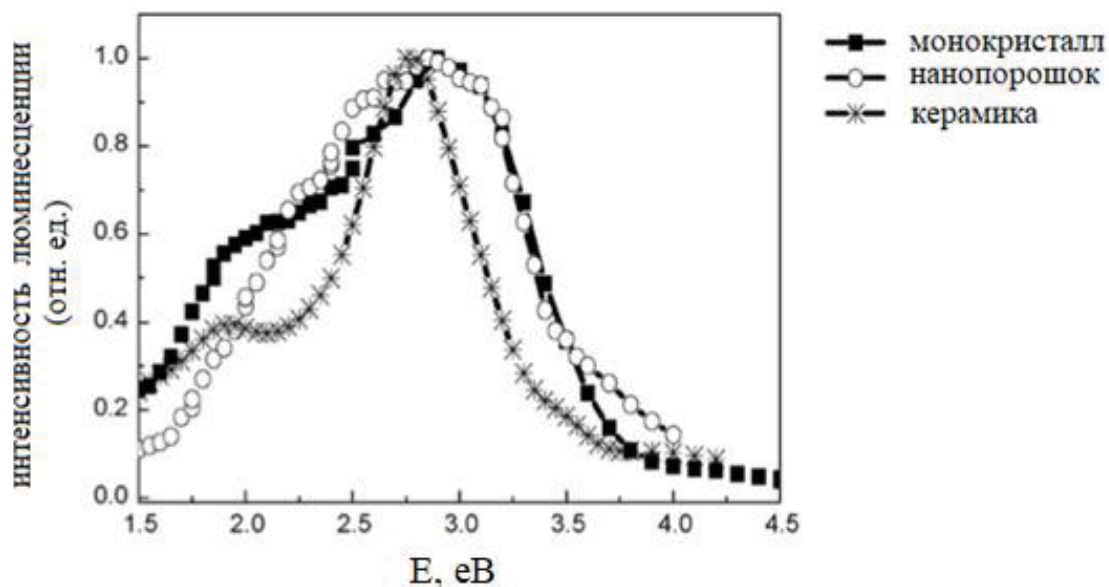


Рисунок 1.4 - Спектры люминесценции монокристалла ZrO_2 , керамики и нанопорошка возбуждаемые электронным пучком при комнатной температуре [1]

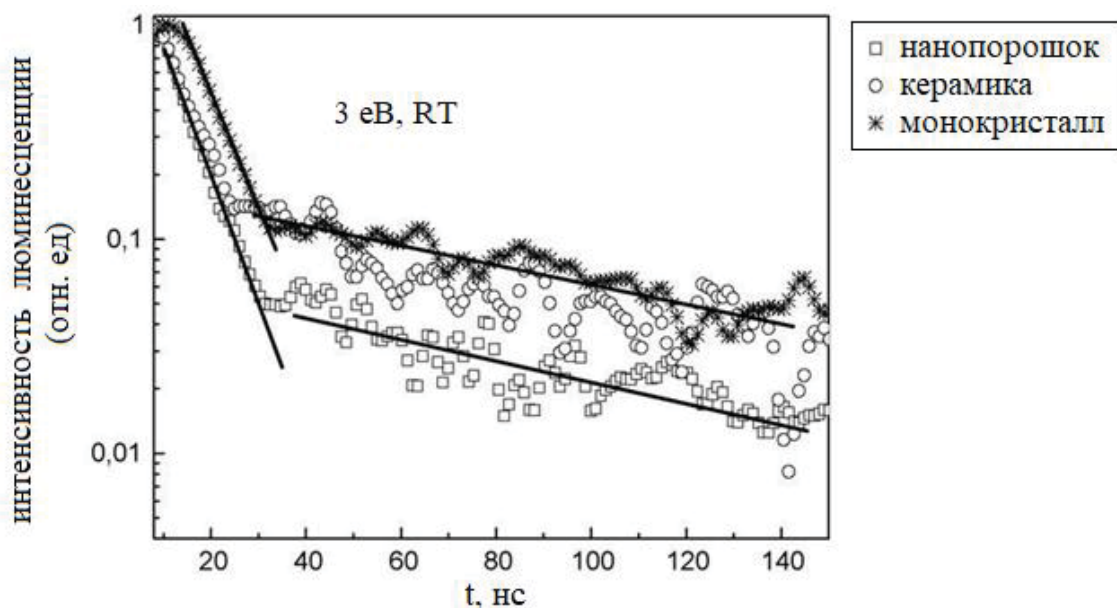


Рисунок 1.5 - Кинетика затухания люминесценции для $\text{ZrO}_2: \text{Y}$ (концентрация Y_2O_3 6 мол. %) монокристалл, керамика и нанопорошок [2]

В работе были получены экспериментальные данные при комнатной температуре, также можно отметить, что в результатах наблюдается только дефектная люминесценция. Облучение пучком электронов создает носители заряда, следовательно, возможно процесс рекомбинации был обусловлен созданием возбужденных состояний центров люминесценции.

Спектры люминесценции монокристалла $\text{ZrO}_2: \text{Y}$, керамики и нанопорошков (нанокристаллов) при возбуждении электронным пучком лежат в спектральной области $\sim 1,5\text{-}3,75$ эВ (330-820 нм). Происхождение этих широких спектров является перекрытием излучения разных центров люминесценции. Были обнаружены некоторые сходства: спектры монокристаллов и нанокристаллов были близки друг к другу, демонстрируя, что рекомбинация центров схожа. Это удивительно, поскольку из-за неупорядоченной структуры керамики можно ожидать большего разнообразия дефектов, чем в монокристалле. С другой стороны, кристалл и керамика показывают основные максимумы при $\sim 2,8\text{-}2,9$ эВ и плечо при $\sim 2,0$ эВ. Очевидно, что основные центры свечения аналогичны. Различия могут возникать из-за случайных примесей, включенных в керамику во время спекания. Эти примеси, очевидно, подавляют люминесценцию центров и, следовательно, относительный вклад других центров становится более значительным. Следовательно, различный вклад от различных центров люминесценции являются причиной различий в спектрах люминесценции монокристалла, керамики и нанопорошка.

Известны два вида люминесценции ZrO_2 :

- люминесценция автолокализованных экситонов, достигающих максимума в пределах 4.2-4.4 эВ [2]
- собственные дефекты, относящиеся к люминесценции, охватывающие спектральные Диапазон $\sim 1,5\text{-}3,5$ эВ [3]

Люминесценция автолокализованных экситонов наблюдалась ниже 150К, выше этой температуры происходил процесс тушения люминесценции. Поэтому при комнатной температуре автолокализованная экситонная

люминесценция не наблюдается. Положение пика дефектной люминесценции – зависит от длины волны возбуждения, что указывает на то, что ряд различных типов дефектов ответственны за наблюдаемую люминесценцию.

Это и есть основа для интерпретации спектра люминесценции. Аналогичный широкий спектр люминесценции тетрагональной структуры нанопорошков ZrO_2 с плохо разрешенной структурой был принят из $F^+ -$ центры и центры, включая две кислородные вакансии (непонятная формулировка).

Две полосы фотолюминесценции в керамике $ZrO_2: Y$ были описаны в работе [6], и было показано, что интенсивность люминесценции зависит от концентрации Y_2O_3 в образцах. Поскольку концентрация вакансий кислорода также зависит от концентрации Y_2O_3 . Был сделан вывод – о происхождении свечения двух видов кислородных вакансий - вакансии в объеме и вакансии на границах зерен.

Кинетика затухания люминесценции имеет общую особенность – быструю и медленную компоненту. Наибольший вклад быстрой компоненты наблюдался для нанокристаллов. Вклад быстрого и медленного компонента для монокристалла и керамики близок. В предложенной модели вклад от искаженных комплексов ZrO был больше для нанопорошков; Это возможно из-за искажения ZrO поверхностными дефектами. Полулогарифмический график указывает, что кинетика может быть аппроксимирована двумя показателями, таким образом, были два разных возбужденных состояния.

Обобщая литературные данные, можно выделить положения полос люминесценции в трех спектральных областях. Одна область с максимумом ниже 2 эВ, вторая область находится между 2,0 и 3,5 эВ, а третья - выше 4,0 эВ.

Данные о собственных дефектах ZrO_2 или других центрах типов с люминесценцией при $<2,0$ эВ в литературе не встречаются. Поэтому полосы люминесценции с пиковым положением $<2,0$ эВ считаются обусловленными допантами (в основном элементами редкоземельных элементов (RE), например, Sm^{3+} , Nd^{3+} , Pr^{3+}).

1.5 Люминесцентные свойства активированного РЗИ диоксида циркония

Некоторое добавление допантов существенно не изменяет интенсивность люминесценции собственных дефектов, но допанты с зарядовым состоянием ниже зарядового состояния Zr^{4+} в основном служат в качестве фазового стабилизатора, в результате чего распределение дефектных состояний различно при этом значительно изменяется спектр и интенсивность люминесценции.

Из данных допированной люминесценции кристалла ZrO_2 можно сделать вывод, что свойства люминесценции допантов аналогичны свойствам, наблюдаемым в других материалах.

Примечательно, что во многих работах показано, что ZrO_2 является хорошим материалом для допирования и последующего практического использования. Ионы РЗ встраиваются в кристалл ZrO_2 с зарядовым состоянием +3.

Отметим, что данные люминесценции, наблюдаемые для одних и тех же ионов, различны в разных работах и снова показывают то же, что и для собственных дефектов в ZrO_2 . Например, показано, что после отжига при 14000 °С ZrO_2 , легированный ионами РЗЭ (Gd, Tb, Dy) при возбуждении электронным пучком, люминесценция допанда увеличивается, но исчезает естественная люминесценция дефектов. Перед отжигом концентрация собственных дефектов высока, а электронные возбуждения улавливаются на собственных дефектах, и лишь небольшая часть возбуждает ионы РЗЭ. Аналогичный эффект наблюдался при фотовозбуждении. Примечательно, что для исследования структурных и собственных дефектов использовались РЗЭ-ионы. Допирование и анализ данных люминесценции ZrO_2 можно использовать как метод оценки качества ZrO_2 . В качестве стабилизаторов структуры можно использовать ионы RE; Например, некоторые из ионов РЗЭ стабилизируют тетрагональную структуру даже при 2 мол.% и выше. Важно отметить, что ZrO_2 является хорошим

материалом для наблюдения эффекта апконверсии. Часто для реализации этого процесса используются допанты Sm, Tm, Er и Yb.

В работе [5] представлены результаты процедуры легирования 3г. ZrO_3 и 1% Ce_2O_3 взвешивали и хорошо перемешивали в ступке. Смесь нагревали при 1000 °C в течение 14 дней, а затем медленно охлаждали.

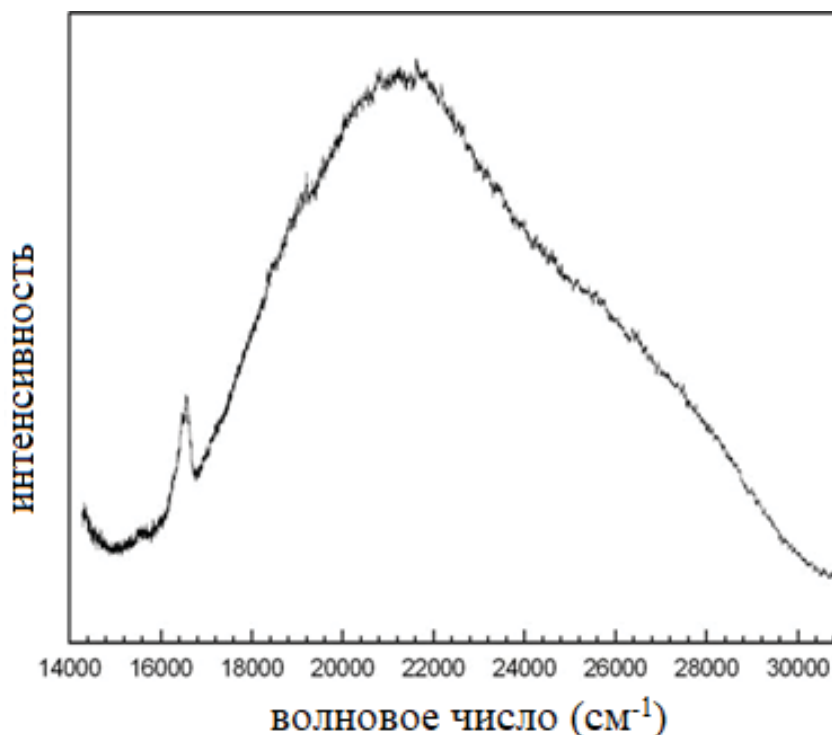


Рисунок 1.6- Спектры $ZrO_2: Ce^{3+}$, измеренные при 300 К [5]

Можно выделить два пика, один из которых составляет 22000 см⁻¹ (454,5 нм), что связано с диоксидом циркония и вторым пиком при 16400 см⁻¹ (609,8 нм), что можно объяснить переходом f-d в Ce^{3+} в соответствии с литературой.

Также в экспериментах[5] использовались нанокристаллы ZrO_2 , легированные Eu^{3+} (содержание Eu от 0,1 до 5 ат.%) И стабилизированный иттрием (Y-содержание 6 ат.%) Eu (0,05 ат.%). Нанокристаллы были получены методом гидротермальной микроволновой печи.

Измерения люминесценции были получены с использованием трех разных источников возбуждения: (I) YAG-лазер FQSS266 (CryLasGmbH) 4-я гармоника, 266 нм (4,66 эВ), 2 нс импульсов; (II) импульсный электронный

пучок, ускорительное напряжение 270 кэВ, импульсы 10 нс; (III) оптический параметрический генератор (ОРО) типа NT342/3UV (EXPLA).

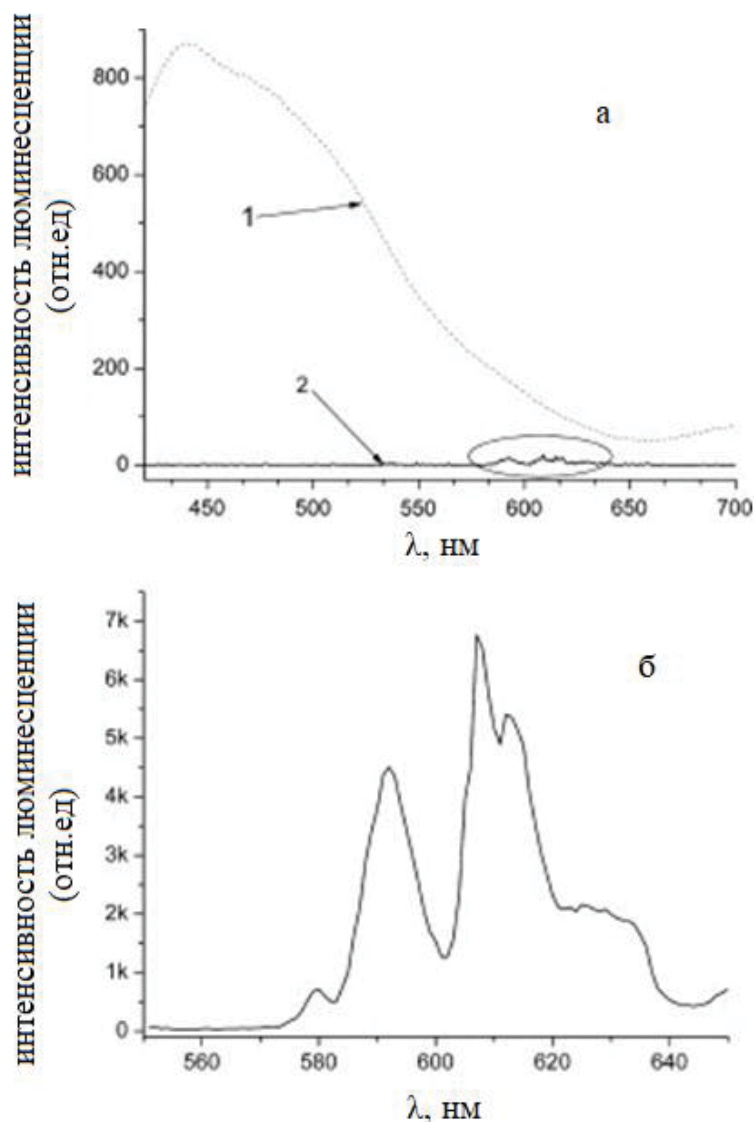


Рисунок 1.7 - Спектры люминесценции ZrO₂:Eu 5 ат. %[5]

При 266 нм (а) Записывается в течение 32 нс, 1 - без задержки, 2 - при задержке задержки 32 нс относительно импульса возбуждения; (б) Задержка 32 нс относительно импульса возбуждения, записанного в течение 32 мс.

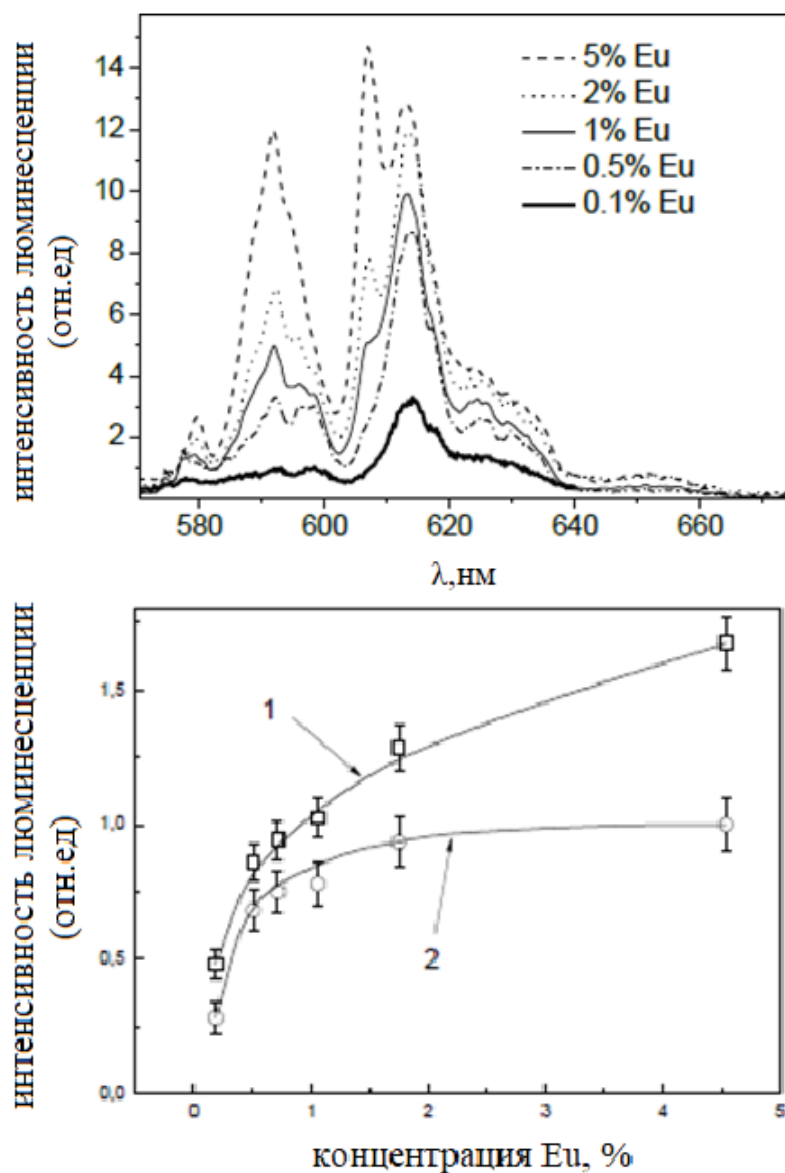


Рисунок 1.8 - (1) Спектры люминесценции ZrO_2 , содержащие разную концентрацию Eu. (2) Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации Eu, кружки – интенсивность полосы 613 нм, открытые квадраты – интегральная интенсивность в диапазоне 600-640 нм, Масштаб интегральной интенсивности был уменьшен [5]

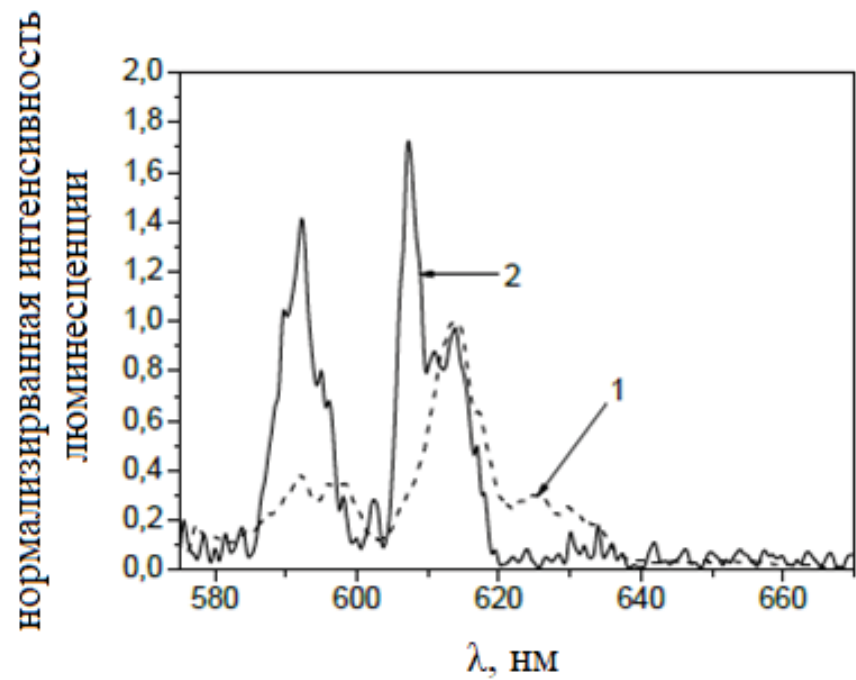


Рисунок 1.9 - Спектр люминесценции ZrO_2 с 0,5 ат.% Eu (1) и тетрагональной структурой Y стабилизированного ZrO_2 : Eu, содержащего 0,05 ат.% Eu (2), полоса люминесценции, достигающая максимума при 607 нм является доминирующим [5]

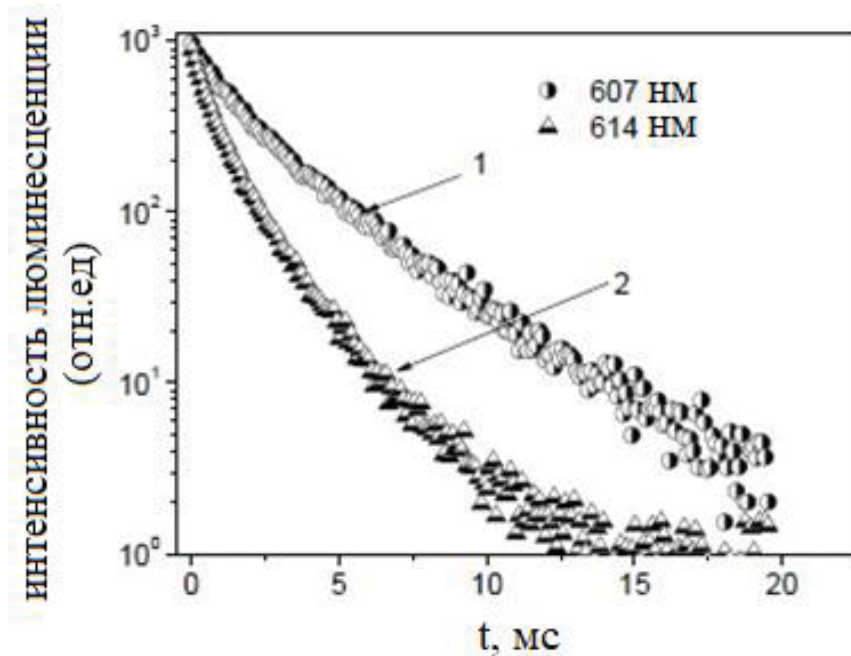


Рисунок 1.10 - Кинетика затухания люминесценции для образца с 5 ат.% Eu [5]

Eu в ZrO_2 включается в трехвалентное состояние; люминесценция Eu^{2+} не наблюдалась даже при мощном импульсном облучении электронным пучком. Интенсивная зависимость интенсивности люминесценции от концентрации Eu показала, что взаимное взаимодействие между ионами Eu^{3+} является слабым в нанокристаллах ZrO_2 до концентрации 5 ат.%, где агрегация ионов легирующей примеси не происходила.

Положение полосы люминесценции, соответствующей переходу $^5\text{D}_0$ - $^7\text{F}_2$ в пиках ионов Eu^{3+} при 613 нм для моноклинной фазы и 607 нм для тетрагональной и кубической фаз ZrO_2 . Моноклинная фаза ZrO_2 : Еу нанокристалла была доминирующей до 1 ат.%. Концентрации легирующей примеси, при больших концентрациях примеси нанокристаллов тетрагональной фазы.

Ион Eu^{3+} также является центром люминесценции и со структурными изменениями меняются спектры люминесценции. Высокая концентрация Eu приводит к стабилизации кубической фазы нанокристаллического ZrO_2 , полученного микротермическим гидротермальным методом.

В работе [6] образцы порошка 2-8 мол.% Y_2O_3 - ZrO_2 (образцы 2Y-8Y) и образец 10% мольного CeO_2 - ZrO_2 (образец 10Ce), который использовался, были коммерчески доступным материалом (TosohCo., Japan). Образцы порошка прессовали в гранулы методом холодного изостатического прессования. Гранулы спекали при 1773 К в течение 4 ч, а затем полировали. Монокристалл образца 9,5 мол.% Y_2O_3 - ZrO_2 (образец 9,5Y), который мы использовали, также был доступен в продаже (CrystalGmbH, Германия).

Спектры возбуждения PL и PL образцов измерялись при комнатной температуре с использованием спектрофотометра SpexFluorolog 3-22. Спектрофотометр состоял из ксеноновой лампы 450 Вт в качестве источника света возбуждения, двух двойных монохроматоров (один на стороне возбуждения и другой на стороне излучения), фотоумножителя с охлаждением Пельтье и фотодиодного эталонного детектора.

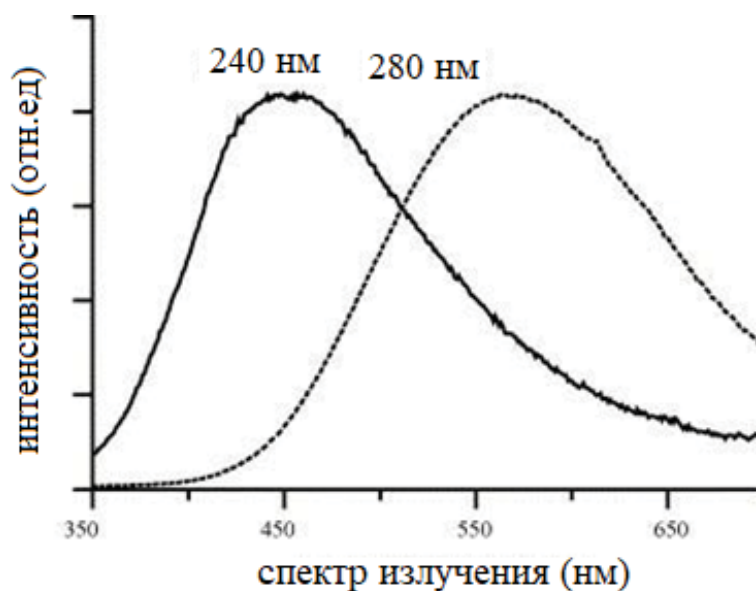


Рис. 1.11 - PL-спектров образца 8Y при возбуждении 240 и 280 нм [6]

Полоса PL, наблюдаемая при 240 нм возбуждении, согласуется с ранее сообщенной, и полоса PL может быть отнесена к собственным дефектным состояниям из-за кислородных вакансий.

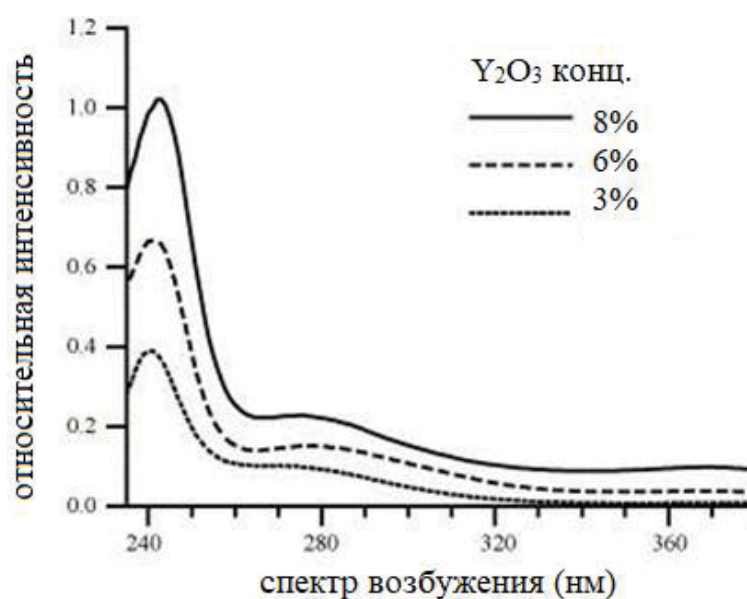


Рисунок 1.12 - Спектры возбуждения PL образцов 3Y, 6Y и 8Y для излучения при 450 нм. Интенсивность полосы возбуждения PL из образца 8Y при 241 нм принимается равной единице [6]

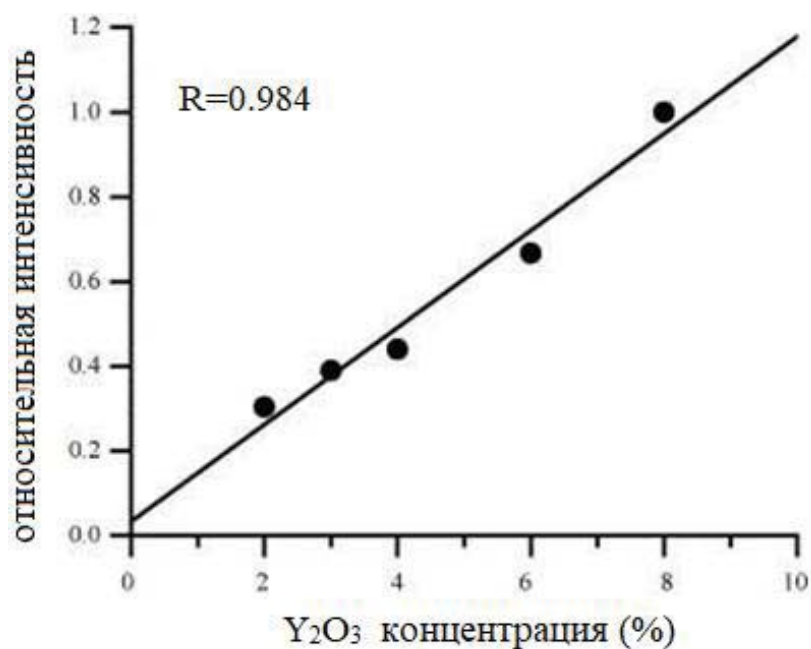


Рисунок 1.13 - График интенсивности полосы возбуждения PL от образцов YSZ при 241 нм для излучения при 450 нм против концентрации Y₂O₃. Интенсивность полосы возбуждения PL из образца 8Y при 241 нм принимается равной единице [6]

Чтобы понять разницу между двумя полосами возбуждения PL около 240 и 280 нм, спектры возбуждения PL разных образцов сравнивались для разных выбросов. Авторы обнаружили, что полоса возбуждения PL около 280 нм может быть отнесена к состояниям дефектов, которые происходят на границах зерен в образцах YSZ, на их поверхностях или в обоих, тогда как полоса возбуждения PL около 240 нм может быть отнесена к объемным дефектным состояниям

Таким образом, спектры возбуждения PL образцов YSZ с концентрацией 2-8 мол. % Y₂O₃ были измерены, а полосы возбуждения PL наблюдались около 240 и 280 нм. Обнаружена линейная зависимость между интенсивностью полосы возбуждения PL при 241 нм и концентрацией вакансий кислорода в образцах YSZ. Концентрацию вакансий кислорода можно оценить по линейной зависимости. С другой стороны, связь между интенсивностью полосы возбуждения PL при 280 нм и концентрацией кислородных вакансий не имела

простой линейной корреляции. Сравнивая спектры возбуждения PL для некоторых выбросов из образца 8Y с образцами из образца 9,5Y. Мы обнаружили, что полосы возбуждения PL около 240 и 280 нм могут быть отнесены к объемным и локализованным состояниям вакансий кислорода в образцах YSZ, локализованных состояниях, которые существуют на границах зерен в образцах YSZ, на их поверхности или в обоих.

2. Объекты и методы экспериментального исследования

2.1 Методы экспериментального исследования

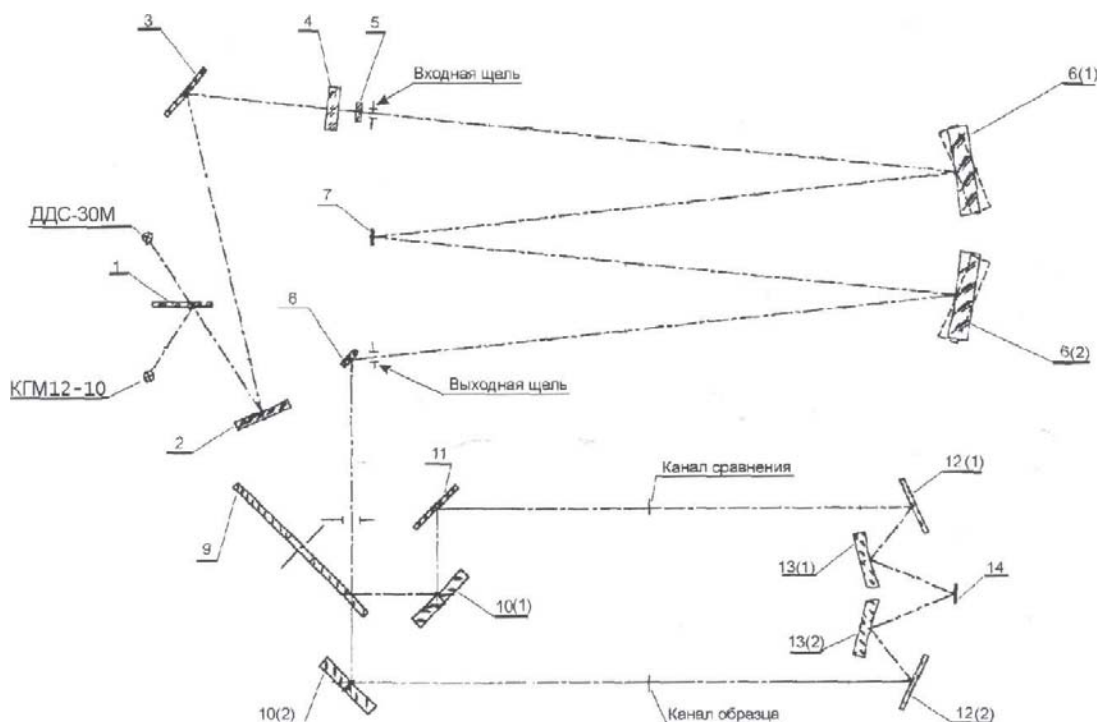


Рисунок 2.1- Оптическая схема спектрофотометра.

В качестве источников излучения для спектрофотометра используется дейтериевая лампа (ДДС-30М) - для работы в области спектра от 190 до 340 нм и галогенная лампа (КГМ12-10) - для работы в области спектра от 340 до 1100 нм. Смена источников излучения производится автоматически при помощи плоского зеркала 1, имеющего два фиксированных положения.

В первом положении зеркало 1 вводится в световой поток, идущий от лампы КГМ 12- 10, и направляет его на сферическое зеркало 2. Во втором положении зеркало 1 выводится из светового потока и на сферическое зеркало 2 падает световой поток от лампы ДДС-30М. Сферическое зеркало 2 и плоское зеркало 3 направляют световой поток от источников излучения на входную щель монохроматора, в плоскости которой проектируется увеличенное изображение светящегося тела каждого источника излучения.

Для уменьшения рассеянного света и устранения высших порядков дифракции перед монохроматором установлен блок со светофильтрами 4.

Линза 5 служит для согласования оптических систем осветителя и монохроматора.

Двойной монохроматор построен по горизонтальной схеме с постоянным углом отклонения 12° со сложением дисперсий и состоит из двух вогнутых дифракционных решеток 6(1) и 6(2) с переменным шагом и криволинейным штрихом и сферического зеркала 7, выполняющего роль средней щели.

Сканирование спектра осуществляется одновременным поворотом решеток обоих монохроматоров на одинаковый угол. На выходную щель проектируется изображение входной щели с увеличением 1.

Тороидальное зеркало 8 направляет монохроматический поток излучения на зеркальный модулятор 9, имеющий два зеркальных сектора, а также два непрозрачных сектора.

При помощи зеркального сектора модулятора 9, тороидального зеркала 10(1) и плоского 11 поток излучения направляется в канал сравнения; поток излучения, прошедший через прозрачный сектор модулятора 9 с помощью тороидального зеркала 10(2) направляется в канал образца. С помощью этих оптических элементов в плоскости установки образцов в обоих каналах кюветного отделения формируется изображение выходной щели монохроматора с увеличением 1. При падении потока излучения на непрозрачный сектор модулятора 9 в кюветное отделение, а также на приемник излучения полезный сигнал не попадает, в эти промежутки времени с выхода фотоприемника снимается «темновой» сигнал. Потоки излучения из канала образца и канала сравнения с помощью тороидальных зеркал 13(1) и 13(2) и плоских зеркал 12(1) и 12(2) направляются на приемную площадку фотоприемника 14, формируя на ней изображение выходного зрачка с увеличением 0,2.

Оптическая система рассчитана таким образом, что при установке в кюветном отделении приставок зеркального отражения или кювет с исследуемым веществом не происходит изменения размера светового пятна на

приемной площадке фотоприемника. В качестве приемника излучения используется фотодиод с приемной площадкой размером 5x5 мм, который развернут на угол 19° для устранения многократных отражений от светочувствительной поверхности.

Устройство и работа приставки диффузного отражения ПДО-7

Монохроматические потоки из двух каналов через входные окна 1 кюветного отделения спектрофотометра падают на плоские зеркала 2 приставки и, отразившись от них, направляются в интегрирующую сферу 5 через входные окна 4. Потоки от обоих каналов падают под углом 8° на измеряемый образец и эталон, установленные за выходными окнами 6. Потоки, диффузно отраженные от поверхности образца и эталона, многократно отражаются стенками интегрирующей сферы, создавая внутри сферы равномерную освещенность, пропорциональную величине отраженного светового потока. Зеркально отраженная часть излучения попадает в окно, за которым устанавливается зеркальная ловушка 3, предназначенная для поглощения зеркальной составляющей отражения.

Приемник излучения 7 установлен в верхней части интегрирующей сферы, приемная площадка приемника излучения максимально приближена к поверхности сферы.

Принцип действия приставки диффузного отражения, установленной в кюветном отделении спектрофотометра, основан на измерении отношения двух световых потоков: отраженного от исследуемого образца к отраженному от образца сравнения (эталону). Световые потоки, диффузно отраженные от образца и эталона, многократно отражаются стенками интегрирующей сферы и регистрируются приемником излучения, установленным в верхней части интегрирующей сферы.

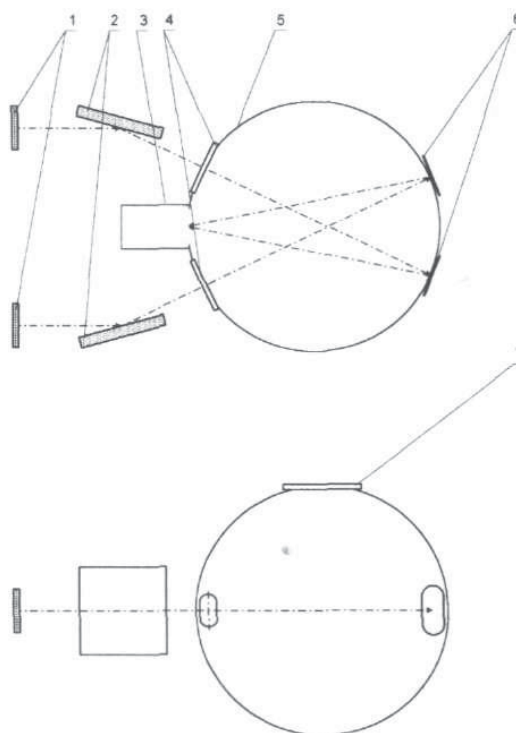


Рисунок 2.2- Оптическая схема приставки.

Порядок работы на спектрофотометре СФ-256 УВИ с приставкой ПДО-7 аналогичен работе на спектрофотометре в обычном режиме, но имеет некоторые особенности.

При измерении диффузного пропускания кювета с исследуемой жидкостью или твердый рассеивающий образец устанавливаются перед входным окном интегрирующей сферы, расположенным ближе к оператору. Перед вторым окном устанавливается, если это необходимо, образец сравнения.

В остальном процесс измерения коэффициентов диффузного пропускания не отличается от обычных измерений на спектрофотометре.

Для возбуждения импульсной катодолуминесценции использовался ускоритель электронов типа GIN-600 с вакуумным диодом. Длительность электронного импульса на полуширине составляла 10 нс, средняя энергия ускоренных электронов составляла 250 кэВ. Образец помещали в вакуумную камеру. Плотность энергии возбуждения варьировалась от 6 до 300 мДж/см². Кинетику затухания люминесценции регистрировали с помощью фотоумножителя ФЭУ-97 и ФЭУ-84-6 с использованием монохроматора MDR-23 (спектральный диапазон 200-2000 нм, линейная дисперсия 1,3 нм / мм) и

цифрового осциллографа TektronixDPO3034 (300 МГц). Регистрация интегральных спектров свечения ИКЛ осуществлялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-2048 (200 – 1100 нм). Спектр излучения был исправлен на спектральную чувствительность оптического тракта.

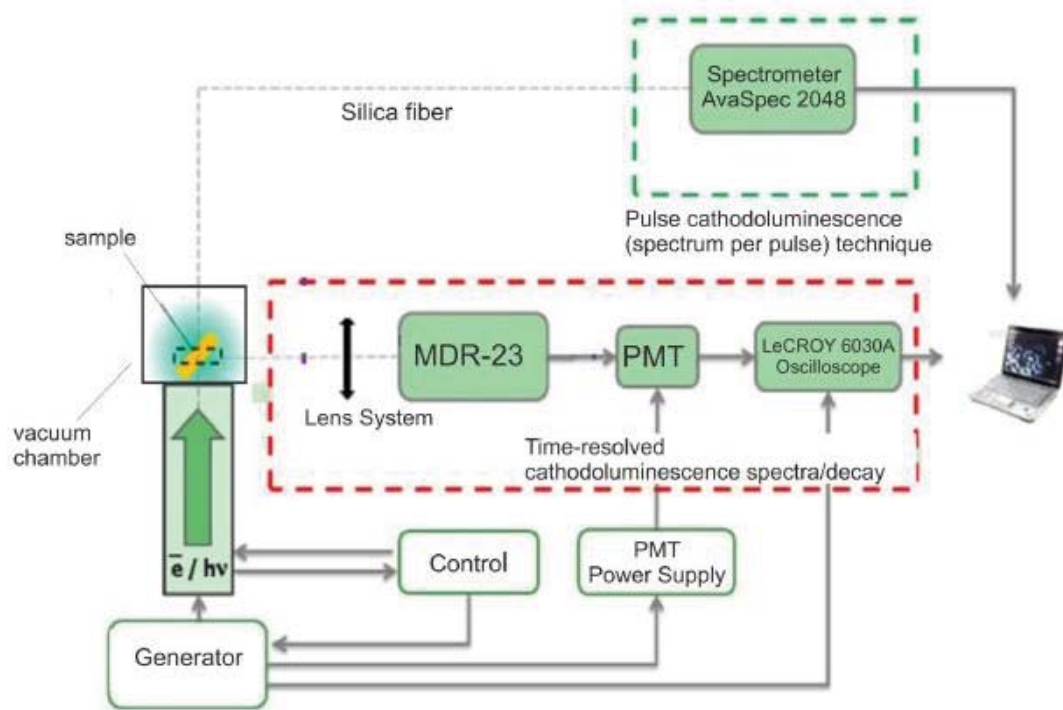


Рисунок 2.3 – Блок схема импульсного оптического спектрометра

2.2 Исследуемые YSZ керамические образцы с допантами РЗЭ.

В рамках формирования оптимальных условий синтеза методом СПС керамических YSZ образцов с допантами РЗЭ в различных концентрациях с целью достижения комплекса наилучших оптико-люминесцентных свойств были исследованы серии образцов синтезированных в аналогичных условиях при вариации температур атмосферного отжига (таб. 2.1).

Таблица 2.1 – Синтезированные образцы YSZ керамик

Образец	Содержание РЗЭ (Eu ₂ O ₃), масс.%	Температура атмосферного отжига, °С
10YSZ_SPS_86	0.1	700
10YSZ_SPS_87	0.5	700
10YSZ_SPS_88	1	700
10YSZ_SPS_89	3	700
10YSZ_SPS_44	0.1	900
10YSZ_SPS_60	0.5	900
10YSZ_SPS_46	1	900
10YSZ_SPS_61	3	900
10YSZ_SPS_90	0.1	1100
10YSZ_SPS_91	0.5	1100
10YSZ_SPS_92	1	1100
10YSZ_SPS_93	3	1100
10YSZ_SPS_94	0.1	1300
10YSZ_SPS_95	0.5	1300
10YSZ_SPS_96	1	1300
10YSZ_SPS_97	3	1300

Оптические свойства керамических образцов до атмосферного отжига представлены на рисунках 2.4 и 2.5. Как видно из представленных результатов до атмосферного отжига наблюдается большая разница в спектрах как пропускания, так и поглощения керамических образцов. Также не наблюдается очевидной корреляции поглощения с концентрацией допантов в образцах.

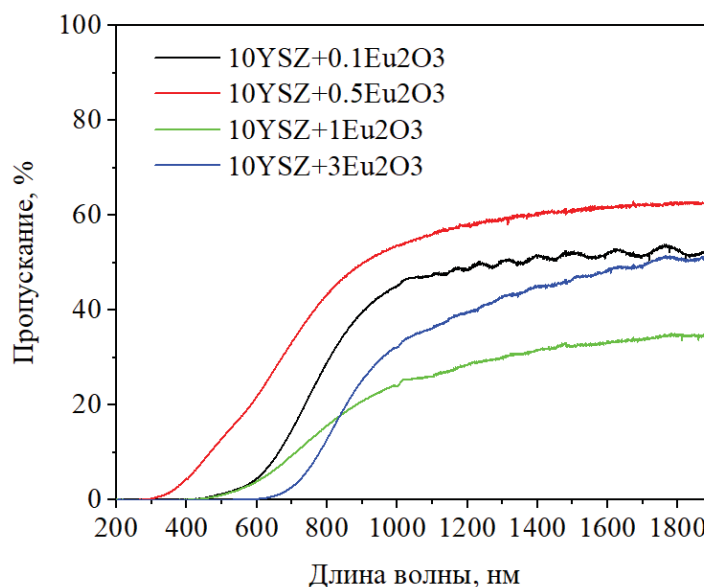


Рисунок 2.4 - Спектры пропускания образцов YSZ керамики с различным содержанием Eu_2O_3 до атмосферного отжига

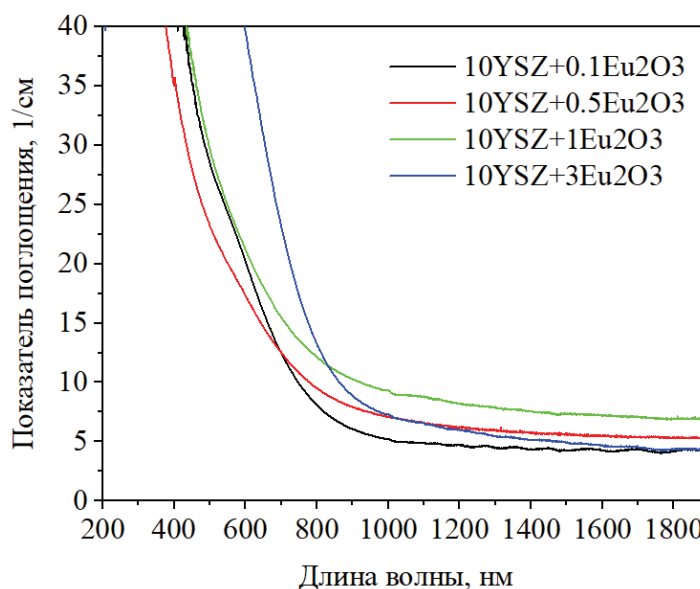


Рисунок 2.5 - Спектры поглощения образцов YSZ керамики с различным содержанием Eu_2O_3 до атмосферного отжига

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию керамики на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония, которая представляется перспективной в оптоэлектронике, для производства новых источников света и в квантовой оптике. Проект нацелен на исследование люминесцентных характеристик, которые напрямую связаны с улучшением технологии производства образцов.

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа
- Планирование научно-исследовательских работ
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

SWOT-анализ работы

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование научного проекта.

Применительно к разрабатываемому методу, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Простота применения С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость по сравнению с другими технологиями. С4. Повышение качества производства С5. Квалифицированный персонал	Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие отработанной технологии Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данной технологией Сл3. Ограниченность материалов, используемых при проведении научного исследования Сл4. Длительная обработка полученных результатов
Возможности: В1. Использование инновационной структуры ТПУ В2. Понижение количества бракованной продукции В3. Повышение спроса В4. Попадание в программу по обновление оборудования на производстве В5. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации У3. Появление новых улучшенных технологий		

У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		
---	--	--

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOTс дополнением знаков (+, -) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 2 и 3, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	-	+
	B2	+	-	-	+	+
	B3	+	+	+	+	-
	B4	-	-	+	+	+
	B5	+	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	B1	-	-	+	-	
	B2	+	+	-	+	
	B3	+	-	-	+	
	B4	+	+	+	-	
	B5	+	-	-	-	

Таблица 3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	+	-
	У2	-	+	-	+	-
	У3	+	-	-	+	-
	У4	-	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	У1	+	+	+	+	
	У2	-	-	+	-	
	У3	+	+	-	-	
	У4	+	+	+	-	

При разработке научноисследования керамики на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония инженер нацелен на работу с возможно большим внедрением сильных сторон. Это влияет, прежде всего, на качество и востребованность созданной методики, что немало важно для потребителей.

Таблица 4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Простота применения С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость по сравнению с другими технологиями. С4. Повышение качества производства С5. Квалифицированный персонал	Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие отработанной технологии Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данной технологией Сл3. Ограниченность материалов, используемых при проведении научного исследования Сл4. Длительная обработка полученных результатов
Возможности: В1. Использование инновационной структуры	Главным достоинством технологии является ее простота и точность, которые позволяют	Главной слабостью проекта является отсутствие отработанной технологии. Проработка данного

ТПУ В2. Понижение количества бракованной продукции В3. Повышение спроса В4. Попадание в программу по обновлению оборудования на производстве В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	поддерживать высокий спрос и конкурентоспособность на рынке.	момента привела бы к повышению спроса на технологию.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации У3. Появление новых улучшенных технологий У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Возможные угрозы заключаются только в ведении дополнительных требований к сертификации. Ввиду новизны технологии, потребуется вложение средств для соответствия каждой сфере.	Угрозой для проекта является появление новой технологии. На фоне проблем с доступом к некоторым материалам для исследований, эта проблема является достаточно актуальной.

Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 5 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель

Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Изучение исходных образцов	Студент
	4	Подготовка образцов керамики YSZ	Студент
	5	Проведение экспериментальных работ	Научный руководитель, студент
	6	Анализ результатов	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по научному исследованию	8	Составление пояснительной записки	Студент
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к защите ВКР	Научный руководитель, студент

Определение трудоемкости выполнения НИ

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного плана-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} ,$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности, рассчитываемый по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{(365 - 52 - 14)} = 1,22 \text{ кал. дн.},$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году

Рассчитанные по этим формулам параметры для каждой из работ сведены в таблицу ниже:

Таблица 6 – Временные показатели научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	$t_{min},$ чел-дни		$t_{max},$ чел-дни		$t_{ож\acute{c}i},$ Чел-дни					
	Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент	Науч. рук-ль	Студент
Составление и утверждение технического задания	1	-	3	-	1,8	-	3	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	5	-	3,2	-	4	-	5
Изучение исходных образцов	-	7	-	12	-	6,2	-	8	-	9
Подготовка образцов керамики YSZ	-	5	-	10	-	5	-	6	-	8
Проведение экспериментальных работ	2	15	5	29	4,2	14	2	26	2	28
Анализ результатов	-	20	-	35	-	28	-	31	-	33
Оценка эффективности полученных результатов	3	8	5	15	7,2	13,6	3	7	4	8
Составление пояснительной записки	-	5	-	12	-	7,8	-	8	-	9
Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	2	-	7	-	4,2	-	2	-	3	-
Подготовка к защите ВКР	1	3	2	4	1,4	2,8	2	3	3	4

Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках научного исследования, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 6 строим план-график проведения работ.

Таблица 7

п/п	Наименование работ	Исполнители	T_i , дн.	Продолжительность выполнения работ, дн																									
				окт			нояб			дек			янв			февр			март			апр			май			июнь	
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и выдача технического задания	Науч. рук.	3																										
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5																										
3	Изучение исходных образцов	Студент	9																										
4	Подготовка образцов керамики YSZ	Студент	8																										
5	Проведение экспериментальных работ	Науч. рук.	2																										
		Студент	28																										
6	Анализ результатов	Студент	33																										
7	Оценка эффективности полученных результатов	Науч. рук.	4																										
		Студент	8																										
8	Составление пояснительной записки	Студент	9																										
9	Проверка ВКР руководителем	Науч. рук.	3																										
10	Подготовка к защите ВКР	Науч. рук.	3																										
		Студент	4																										
ИТОГО		Науч. рук.	15																										
		Студент	104																										

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 16 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 119 дней. Из них:

104 дня – продолжительность выполнения работ студентом;

15 дней – продолжительность выполнения работ руководителем;

Бюджет научного исследования

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей научного исследования;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат

В материальные затраты включаются затраты на образцы для исследования, канцелярские принадлежности, информационные носители (флеш-карты), картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

Таблица 8 – материальные затраты

Наименование	Ед.изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Образец YSZ	Шт.	4	500	2000
Бумага	Шт.	1	250	250
Линейка	Шт.	1	100	100
Интернет и связь	м/байт (пакет)	8	350	2800
Итого				5150

Расчет полной заработной платы исполнителей темы

Таблица 9 – расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнитель по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (оклад), тыс. руб.
1	Исследование литературы	Студент	9	667,0	6003,0
2	Подготовка образцов	Студент	5	667,0	3335,0
3	Проведение экспериментов	Науч. рук-ль	4	1410,0	5640,0
		Студент	14	667,0	9338,0
4	Анализ полученных данных	Науч. рук-ль	7	1410,0	9870,0
		Студент	14	667,0	9338,0
Итого:		43524,0			

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как

$$Z_{полн} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) исполнителя рассчитывается исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	24	24
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	275	275

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-05;

$k_{р}$ – районный коэффициент равный 1,3 (для Томска).

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	k_t	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_r , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	1	19148	0,3	0,2	1,3	37338	1001	25	25025
Студент	1	1906	0,3	0,2	1,3	3716	490	50	24500
Итого $Z_{осн}$									49525

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В дополнительную заработную плату включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12% от суммы основной заработной платы).

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Научный руководитель: $Z_{доп} = 25025 \cdot 0,12 = 3003 \text{ руб.}$

Студент: $Z_{доп} = 24500 \cdot 0,12 = 2940 \text{ руб.}$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	25025	3003
Студент	24500	2940
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	15031	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\sum статей) \cdot k_{нр}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 13 – расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	5150	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49525	Суммарная величина обоих исполнителей
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5943	Суммарная величина обоих исполнителей
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15031	
5. Накладные расходы	12107	16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	87756	Сумма ст. 1-5

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной школе оценивая.

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4
2. Удобство использования	0,15	4
3. Надежность	0,2	5
4. Стоимость	0,3	5
5. Возможность реализации	0,25	5
Итого	1	

$$I_{p-\text{исп}} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,25 = 4,75$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности использования научного проекта.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что научный проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу.

- составление сметы научного проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию научного проекта.

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,75 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации научного проекта.