

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт международного образования и языковой коммуникации
Направление подготовки 12.03.02 Оптотехника
Кафедра междисциплинарная (МД)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Короткоживущие электронно-дырочные возбуждения в кристаллах фторида кальция

УДК 539.211:539.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154B20	Юй Ян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Штанько В.Ф.	д. ф.-м. н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский.В.Ю.	к. э. н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЛиСТ	Яковлев Алексей Николаевич	к. ф.-м. н. доцент		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические, гуманитарные, общепрофессиональные знания в области оплотехники
P2	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
P3	Применять полученные знания для решения задач, возникающих при эксплуатации новой техники и технологий оплотехники
P4	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования световой, оптической и лазерной техники, оптических и светотехнических материалов и технологий
P5	Владеть методами проведения фотометрических и оптических измерений и исследований, включая применение готовых методик, технических средств и обработку полученных результатов
P6	Владеть общими правилами и методами наладки, настройки и эксплуатации оптической, световой и лазерной техники для решения различных задач
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Проявлять творческий подход при решении конкретных научных, технологических и опытно-конструкторских задач в области оплотехники
P8	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
P9	Уметь эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам научной, педагогической и производственной деятельности
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки 12.03.02 Опототехника
Кафедра Лазерной и Световой Техники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

Яковлев А.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
154В20	Юй Ян

Тема работы:

Короткоживущие электронно-дырочные возбуждения в кристаллах фторида кальция
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15. 06. 2016г
--	---------------

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- монокристаллы фторидов щелочноземельных металлов. Методика импульсной спектроскопии с временным разрешением.
--	---

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: механизмы рекомбинации неравновесных электронов и дырок в кристаллах фторидов щелочноземельных металлов (ФЩЗМ); модели короткоживущих электронно-дырочных возбуждений в (ФЩЗМ) 2. Освоить методику импульсной спектроскопии с временным разрешением. 3. Произвести измерение зависимости интенсивности импульсной катодолуминесценции от плотности энергии возбуждающего электронного пучка. 4. Рассчитать спектральное распределение коэффициента экстинкции в кристаллах фторида кальция при импульсном электронном возбуждении.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Спектры импульсной катодолуминесценции фторида кальция при изменении условий возбуждения. 2. Спектральный состав оптических потерь при импульсном возбуждении.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к. э. н, доцент, Конотопский.В.Ю.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
<i>перевод осуществляться не будет</i>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.09.2015г
--	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Штанько В.Ф.	д.ф.-м.н. профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154B20	Юй Ян		

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

Студенту:

Группа	ФИО
154В20	Юй Ян

Институт	ИМОЯК	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Оптотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский.В.Ю.	Кафедра менеджмента, Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154В20	Юй Ян		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154В20	Юй Ян

Институт	ИМОЯК	Кафедра	ЛиСТ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Оптехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Рабочим местом является научная лаборатория «Физэлектроники быстротекущих процессов» кафедры лазерной и световой техники. В помещении проводятся спектрально-кинетические исследования материалов.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные	<i>Вредные факторы: монотонный режим работы, отклонение показателей микроклимата, превышение уровней шума.</i> <i>Опасные факторы: электромагнитное излучения, электрический ток, пожар.</i>
--	--

средства пожаротушения).	
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	<i>Воздействие на окружающую среду сводится к минимуму, за счет отсутствия загрязняющих веществ, за исключением бытовых отходов, которые систематически убираются.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	<i>Возможные чрезвычайные ситуации являются: пожары, ситуации природного характера.</i> <i>К мерам по предупреждению будут относиться:</i> <i>1. Планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия (организации);</i> <i>2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;</i> <i>3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала;</i> <i>4. Подготовка работающих к действиям в условиях ЧС;</i> <i>5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.</i>
4. 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.	<i>Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78: рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество; рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте; рабочее место должно соответствовать техническим требованиям и санитарным нормам.</i> <i>В соответствии с ГОСТ 12.1.005: 88* в помещении должен быть организован воздухообмен. Для улучшения воздухообмена</i>

	необходимо выполнить следующие технические и санитарно-гигиенические требования: общий объем притока воздуха в помещении должен соответствовать объему вытяжки; правильное размещение приточной и вытяжной вентиляции.
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154В20	Юй Ян		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 81 с., 11 рис., 14 табл.,
46 источников.

Ключевые слова: Электронное возбуждение Люминесценция Экситон

Объектом исследования является (ются) кристалл CaF_2

Цель работы – Экспериментальное исследование короткоживущих
электронно-дырочных возбуждений в кристаллах фторидов щелочноземельных металлов
направлено на установление механизмов старения кристаллов при радиационном
воздействии.

В процессе исследования проводились: измерение спектрально-кинетических
характеристик катодолюминесценции и оптического поглощения в кристаллах фторида
кальция, проведен анализ полученных экспериментальных результатов, выполнен
экономический анализ работы, определены мероприятия по технике безопасности.

В результате исследования спектрально-кинетических характеристик
люминесценции при синхронном оптическом и электронном возбуждении установлено
возникновение быстрозатухающей люминесценции в ультрафиолетовой области спектра
излучения фторида кальция, обусловленной оптическим возбуждением предсостояний
экситона

Степень внедрения: полученные результаты будут использованы при выборе материалов
для окон эксимерных лазеров в рамках научно-технического сотрудничества с ФИ РАН
им.П.Н.Лебедева (г. Москва)

Область применения: оптические материалы с высокой радиационной стойкостью для
производства эксимерных лазеров высокой мощности

Экономическая эффективность/значимость работы выбор материалов с высокой
радиационной стойкостью позволит увеличить срок службы эксимерных лазеров и
оптических элементов, работающих в полях ионизирующих излучений

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ВИ - вынужденное излучение

АЭ - автолокализованные экситоны

ФЩЗМ - фторид щелочноземельных металлов

ЩГК - щелочно-галогидные кристаллы

ФСЛ - фотостимулированная люминесценция

ЭПР - электронный парамагнитный резонанс

ИЭП - импульсный электронный пучок

ГИН - Генератор импульсных напряжений

STE - self-trapped excitons (автолокализованные экситоны)

V_k - автолокализованная дырка (V_k центр)

БС - быстрозатухающее свечение

ЭС - эффективность создания

ВЗ - валентная зона

ЗП - зона проводимости

Оглавление

Введение.....	12
1 Литературный обзор.....	13
1.1 Оптические характеристики фтористого кальция.....	14
1.2 Короткоживущие дефекты в галоидах щелочных (ЩГК) и щелочноземленных металлов (ФЩЗМ).....	15
1.2.1 Структура автолокализованных экситонов (АЭ) в ЩГК и ФЩЗМ.....	15
1.2.2 Спектры поглощения и люминесценции АЭ в кристалле CaF_2	20
2 Методика эксперимента.....	24
3 Экспериментальные результаты.....	32
4 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	35
5 Раздел «Социальная ответственность».....	53
Анализ и заключение.....	75
Список используемых источников.....	78

Введение

Кристаллы фторида кальция наряду с кварцевыми стеклами являются основными материалами для изготовления окон мощных KrF лазеров и других эксимерных лазеров с электронно-пучковым возбуждением. Радиационная прочность материалов этих окон, работающих при воздействии рассеянных из пучка накачки электронов, рентгеновского и интенсивного лазерного излучения, в значительной степени определяет работоспособность, и, следовательно, перспективы использования этих лазеров [1,2].

Проблемы радиационной стойкости возникают и при работе с синхротронным излучением, в резонаторной оптике лазеров на свободных электронах [1]. Считается, что возникновение и накопление структурных дефектов в ионных кристаллах обусловлено созданием и распадом электронно-дырочных возбуждений или автолокализованных экситонов (АЭ). Однако, структура и свойства АЭ, в частности в кристаллах фторидов щелочноземельных металлов (ФЩЗМ), до настоящего времени остаются предметом дискуссий и исследований [3].

Все это свидетельствует о необходимости и актуальности изучения радиационно-стимулированных процессов в ФЩЗМ при воздействии разных ионизирующих и лазерных излучений.

Облучение ионизирующей радиацией кристалла фторида кальция при комнатной температуре приводит к появлению наведенного оптического поглощения, которое связывают с образованием автолокализованных экситонов(АЭ). (Рис1) Распад АЭ сопровождается люминесценцией в виде широкой полосы в УФ области(Рис2). Ранее в работе Чинков Е.П., Штанько В.Ф. Было обнаружено, что синхронное с электронным облучением воздействие оптического излучения в области поглощения электронного компонента АЭ приводит к их распаду с возникновением быстрозатухающего свечения в УФ области.

1 Литературный обзор

1.1 Оптические характеристики фтористого кальция

Кристаллы $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{F}_{2+x}$ являются перспективным оптическим материалом для УФ диапазона. основной характеристикой кристаллов CaF_2 является их высокая прозрачность в ультрафиолетовом диапазоне спектра. Модифицированные материалы на основе флюорита кристаллы $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{F}_{2+x}$ ($0 < x < 0.37$) имеют улучшенные механические свойства. Возможность замены кристаллов CaF_2 на многокомпонентные фторидные материалы определяется УФ прозрачностью последних, ранее не изученной [4].

В работе [4] показаны результаты изучения прозрачности кристаллов фтористого кальция разной предыстории. Кристаллы выращивали методом Бриджмена в графитовых тиглях и тепловом узле во фторирующей атмосфере. Спектры пропускания кристаллов $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{F}_{2+x}$ и CaF_2 , измеренные на вакуумном монохроматоре ВМР–2 в области 125–220 нм, приведены на рисунке 1.1. Сообщаются результаты исследования хрупкости и пластичности кристаллов $\text{Ca}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{F}_{2.1}$ методом одноосного сжатия в широком температурном интервале.

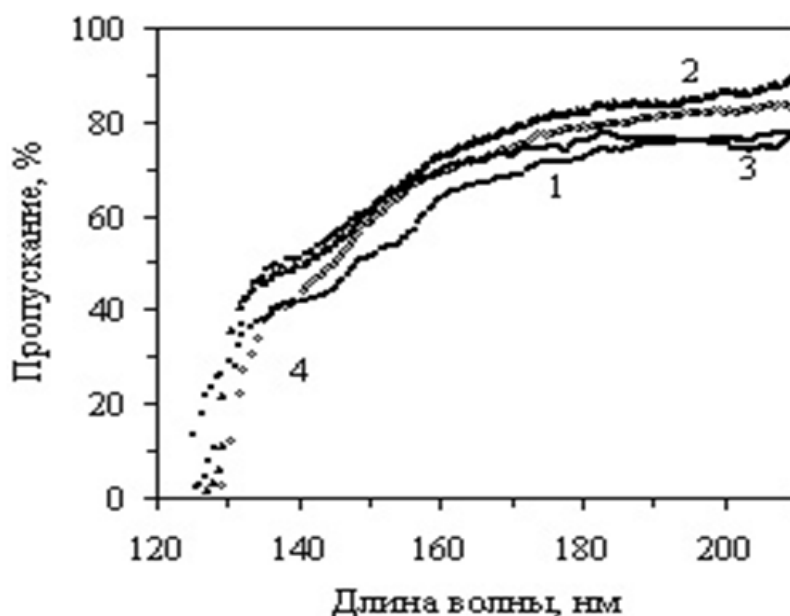


Рисунок. 1.1. Спектры УФ пропускания кристаллов CaF_2 (1) и $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{F}_{2+x}$ ($x = 0.01$ (2), 0.05 (3), 0.11 (4)). Толщина образцов 0.7–0.8 мм [4].

Кристаллы $\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{F}_{2+x}$ обладают высокой УФ–прозрачностью, высокой твердостью, негигроскопичны и технологичны с точки зрения получения объемных монокристаллов благодаря наличию в области гомогенности этого твердого раствора состава с конгруэнтным плавлением (максимума на кривых плавкости).

1.2 Короткоживущие дефекты в галоидах щелочных и щелочноземленных металлов

1.2.1 Структура автолокализованных экситонов (АЭ) В ЩГК и ФЩЗМ

Традиционно используют ЩГК как модельные объекты когда изучаем радиационно-стимулированные процессы в кристаллических диэлектриках. Набор структурных элементов и элементарных процессов используется при описании закономерностей дефектообразования в ФЩЗМ и в ЩГК. В связи с собственным и радиационным повреждением, анионная подрешетка подвергается в ФЩЗМ, мы считаем они более простой моделью. В качестве Примера там есть развитие представлений о структуре АЭ. При возбуждении вблизи края фундаментального поглощения ЩГК и ФЩЗМ сильно излучают люминесценции. На основе принципа Франка-Кондона процессы описываются, предполагают наличие значительной релаксации решетки в возбужденном состоянии из объявления большой сдвиг Стокса (~ 7 эВ в ФЩЗМ). Мы считаем, что после перехода электрона в зону проводимости, искажение решетки около дырки происходит [5,6], образуя молекулярный ион X_2^- , который занимает два соседних аниона в направлении плотной упаковки. Такой вывод подтвержден многими свойствами автолокализованных дырок (V_k центров) близки к тем, что которые свободные молекулы X_2^- имеют при соответствующем межъядерном расстоянии [7,8]. Без энергетических затрат процесс автолокализации дырок тоже происходит, это процесс происходит за времена 10^{-13} с, это время меньше времени жизни электрона в ЗП [8]; Возвращение решетки происходит при рекомбинации электрона с дыркой, такое возвращение происходит из зонного

или экситонного состояний в невозмущенную конфигурацию.

Следующие выводы уже были показаны в модели квазиравновесного экситона ($V_k + e$). Во-первых, собственное свечение с большим сдвигом Стокса возникает как при зона зонном возбуждении, так и рекомбинации электронов, термо- и фотоосвобожденных с ловушек, с предварительно ориентированными V_k центрами [7,8,9,10,].

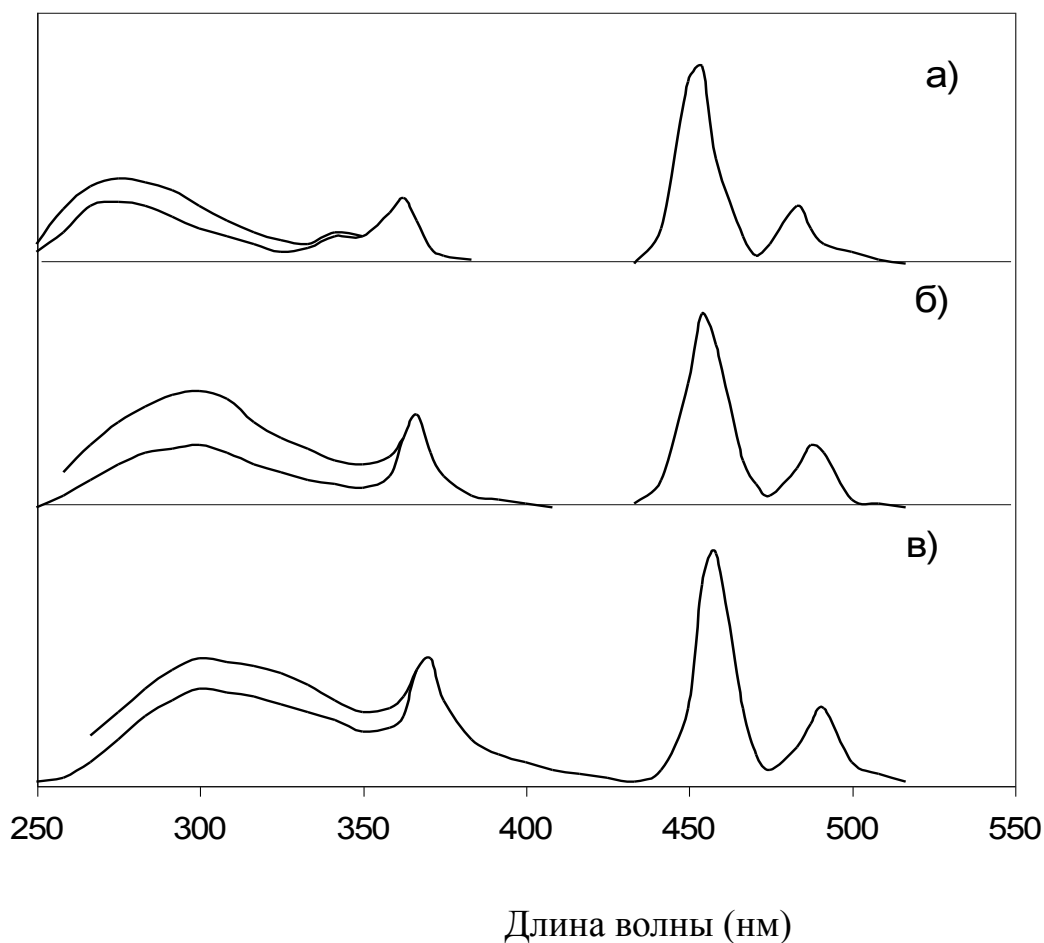


Рисунок. 1.2. Спектральный состав и линейный дихроизм фотолюминесценции $\text{CaF}_2 - 0.1 \text{ M\%TmF}_3$ (а), $\text{SrF}_2 - 0.1 \text{ M\%TmF}_3$ (б) и $\text{BaF}_2 - 0.1 \text{ M\%TmF}_3$ (в) после облучения рентгеном при 77 К; центры окраски предварительно ориентировались УФ светом с $\mathbf{E} \parallel \langle 001 \rangle$. Кривыми (1,2) обозначены спектры люминесценции, измеренные в поляризованном свете с $\mathbf{E} \parallel \langle 010 \rangle$ и $\mathbf{E} \parallel \langle 001 \rangle$ [6].

На рис. 1.2 представлен спектральный состав и линейный дихроизм фотостимулированной люминесценции (ФСЛ) флюоритов с примесью тулия [7]. Длительное время жизни V_k центров обеспечивается захватом электронов на примеси (флюоресцентный переход $^1G_4 \rightarrow ^3H_6$ на 460 нм ионов Tm^{3+} в кубическом положении). Мы наблюдали полосу на 360 нм в спектрах ФСЛ всех кристаллов, однако, не было идентифицировано как собственное свечение (приписана свечению неконтролируемой примеси). Асимметричная полоса на 280 нм приписана переходу $^1\Sigma_u \rightarrow ^1\Sigma_g$ в АЭ с электрическим вектором, параллельным оси V_k центра. Характеристика затухания при 77 К зависит от компонента с $\tau < 40$ нс [7]. Знак и степень поляризации свечения АЭ в легированных и чистых кристаллах CaF_2 (−0.05) и SrF_2 (+0.1) отличаются, резкие различия заключаются в том, что акт рекомбинации происходит вблизи ловушки электрона в легированных образцах [11].

Во-вторых, корреляция характерных времен затухания собственного свечения и релаксации переходного поглощения наблюдается в широком температурном интервале [11]. Приписывают две широкие полосы с разными временами затухания свечению АЭ. При 10 К и $\tau \sim 10^{-5}$ – 10^{-2} с происходит свечение которое называется длинновременным свечением, длинновременное свечение, с термической устойчивостью, имеет частичную π -поляризацию это поляризация наблюдается во всех ЩГК и ФЩЗМ. Время затухания в ЩГК уменьшается с ростом ионного радиуса аниона основы [12]. Обычно,запрещенный переход $^3\Sigma_u^+ \rightarrow ^1\Sigma_g^+$ приводит к этому явлению, благодаря спин-орбитальному взаимодействию триплетного $^3\Sigma_u^+$ -состояния с синглетным $^1\Pi_g^+$ запрещенный переход происходит.

Наконец, модель $(V_k + e)$ являлась естественным развитием модели X_2^- для V_k центра. Если Интерпретируем короткоживущее свечение в ЩГК и

ФЦЗМ синглетными переходами в АЭ, то это модель вызывает проблемы. Во-первых, в RbCl, NaBr, LiCl, BaF₂ и KCl синглетное свечение не наблюдается. Возбужденным состоянием триплета $^3\Sigma_u^+$ может являться синглет $^1\Sigma_u^+$: переход $^1\Sigma_u^+ \rightarrow ^1\Sigma_g^+$ разрешен. Однако это вызывает противоречие: вероятность переходов из $^1\Sigma_u^+$ состояния ниже, чем из $^1\Pi_u^+$ [13]. Модель АЭ в виде ($V_k + e$) является неадекватной: более диффузное распределение внешнего электрона необходимо рассматриваться [13]. слабое пространственное перекрытие основного компактного и возбужденного диффузного состояний приводит к тому что матричный элемент дипольного перехода длительность π -свечения оказывается большой [14]. Во-вторых, расщепление между синглетным и триплетным состояниями АЭ ($\sim 7,6$ мэВ в KBr меньше, чем разницы энергий для синглетных и триплетных переходов ($\sim 1-2$ эВ) [15]). В-третьих, в ЩГК стоксов сдвиг для π -переходов на 1-2 эВ больше, чем для σ -переходов; в ФЦЗМ обратная картина наблюдается. Предполагаем, что в ФЦЗМ из нижних возбужденных состояний σ -переход осуществляется [16], а в ЩГК - из верхних нет. Однако, в ЩГК [17] и ФЦЗМ [18] возбуждение π -люминесценции происходит только с низкоэнергетическим спадом первого пика поглощения экситонов, а σ -люминесценции - вблизи края зоны, в этой зоне происходит $2p$ -экситонное поглощение. Таким образом, нам не нужно сомневаться в относительно ядерной конфигурации АЭ.

1.2.2 Спектры оптического поглощения и люминесценции АЭ в кристалле CaF₂ при облучении ИЭП

Спектры переходного поглощения CaF₂ с различной задержкой после окончания ИЭП при 295 К, представлены на рис.1.3. [3,26], Спектрально-кинетические характеристики наблюдаемого поглощения

(характерное время жизни дефектов при фиксированной температуре, спектральное положение максимумов доминирующего поглощения) хорошо совпадают с известными параметрами АЭ [11]. На рис.1.3. представлен сложный спектральный состав наведенного поглощения в области дырочного компонента АЭ в CaF_2 при 295 К (кривые 1,2) во многом совпадают с ранее измеренным при 10 К в [11]. Со временем после окончания ИЭП, прозрачность образца восстанавливается неоднородно по спектру. По сравнению данных на рис. 1.4 видно, что спектральный состав медленного компонента поглощения отличается от спектра быстрого, АЭ представлен на рис. 1.3 приводит к этим разлитиям. Если АЭ представить в виде близкорасположенной F-H пары, то когда ее компоненты находятся на одинаковом расстоянии друг от друга, выше температуры теплового смешивания триплетных подуровней (~ 40 К) кинетика релаксации поглощения АЭ должна представлять в виде одной экспоненциальной составляющей. Из данных видно [11], при 80 К релаксация поглощения АЭ в CaF_2 представляет в виде одной составляющей с постоянной времени $\tau = 57$ мкс (по данным [27] три составляющие: 0.42, 4.2 и 38 мкс существуют), а при 300 К имеются 34 мкс и 1.7 мкс (92%).

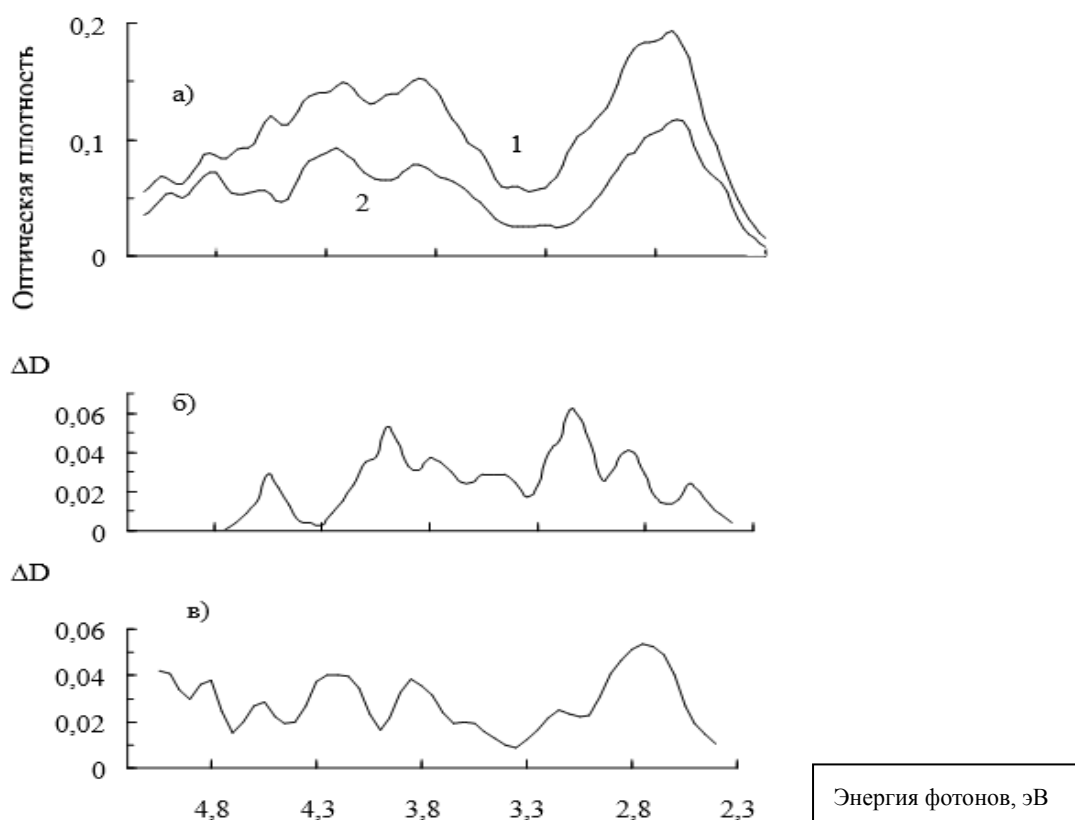


Рисунок. 1.3. (а) - Спектры поглощения кристалла CaF_2 , измеренные при 295 К через 10 нс (1) и 0.5 мкс (2) после окончания ИЭП. (б,в) - Спектры поглощения CaF_2 , полученные разложением по методу Аленцева-Фока разностного спектра $D(10 \text{ нс}) - D(500 \text{ нс})$ после вычитания из него.

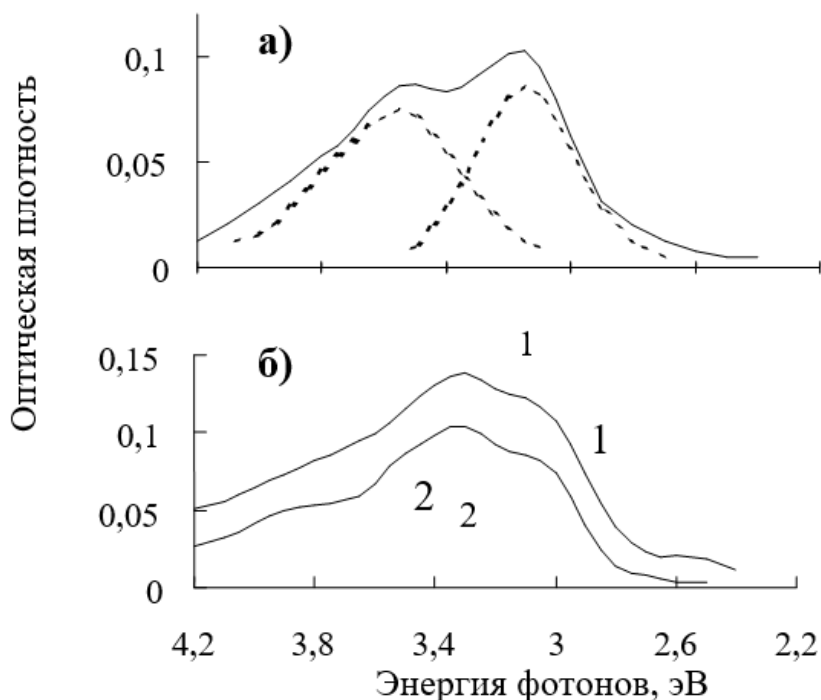


Рисунок. 1.4. (а) – Спектр оптического поглощения кристалла CaF_2 , измеренный при 295 К через 17.5 мкс после окончания ИЭП. Пунктир – разложение на составляющие полосы. (б) – Спектры поглощения CaF_2 , измеренные при 385 К через 4 (1) и 17.5 мкс (2) [30].

Уже известно что, при 295 К 90% оптической плотности на 2.75 эВ описывается быстрым (~ 1 мкс) компонентом, но значение постоянной времени по спектру было разным.

Мы можем получить что, там есть сложное спектрально-временное распределение значений констант скорости реакции. Это явление доказывает что сложный спектрально-кинетический состав в области электронного компонента поглощения АЭ существует. Можно предположить, что в спектральной области (2.55-2.95) эВ, поглощение зависит от суперпозиции полос поглощения различных дефектов, имеющих различные времена жизни.

На рис. 1.5 схематично представлены возможные конфигурации АЭ в решетке CaF_2 . Во внутренней конфигурации АЭ, узловая позиция аниона

занимается F центр, а H центр вдоль $\langle 111 \rangle$ оси примерно ориентирован. Считается, что дырка на ядре АЭ преимущественно локализована на междоузельном фторе (~70%), т.е. как на H центре [23]. В качестве основного параметра, электронно-дырочное разделение использовано при идентификации выделенных групп полос, т.е. расстояние от позиции вакансии в анионном узле до междоузельного фтора в составе дырочного ядра. это параметр без разницы с фактором (R), в веденному в [24,25] для описания структуры экситона. На основании классификации самой тесной F–H парой является конфигурация 2, а самой разделенной является конфигурация 1, эти конфигурации представлены на рис. 1.5. Мы считаем что конфигурация 2 обычно служит наиболее правильной геометрией АЭ: в работах по данным ОД ЭПР [19] различие между конфигурациями не замечено и только дается положительный вклад ей в параметр D [24,25], который описывает в спиновом гамильтониане отклонение окружения АЭ от кубической симметрии. Наиболее короткоживущий в SrF₂ при 10K представлен конфигурацией 2 [31].

(табл. 1).

Таблица 1.- Параметры АЭ в кристалле CaF₂ [3]

Группа полос	Конфигурация АЭ	E (эВ)	R (а.е.) [26,27]	τ (мкс) [11]	H (эВ)
A1	4* (1*)	3.15	-	-	3.55
A2	4 (1)	3.15	5.3 (7.8)	8800	3.55
B	2	2.75	4.3	83	4.2; 4.3
C	3	2.90	4.8	870	3.8; 4.0
D	2* (3*)	2.55	-	-	4.55

Примечание. E, H соответственно являются положением максимумов полос в дырочном и электронном компонентах.

Тенденция увеличения характерного времени жизни АЭ в конкретной конфигурации с ростом параметра разделения электрон-дырка представлена по данным в таблице 1. Дефекты, связанные с появлением группы A₂, являются долгоживущими. Предполагаем, что наиболее пространственно разделенная

конфигурация соответствует ей, но нельзя выбрать один вариант между конфигурациями 1 и 4. Группы A_1 и A_2 имеют близкие спектральные характеристики, однако кинетические характеристики различаются. Из представленного выше следует, что переходное поглощение в чистом кристалле CaF_2 составляется сложным спектрально-кинетическим компонентом.

Аннигиляция излучения АЭ из триплетных состояний приводит к спектр свечения кристаллов CaF_2 . В работе показано, что спектрально-кинетические характеристики качественно согласуются с известными параметрами АЭ в CaF_2 .

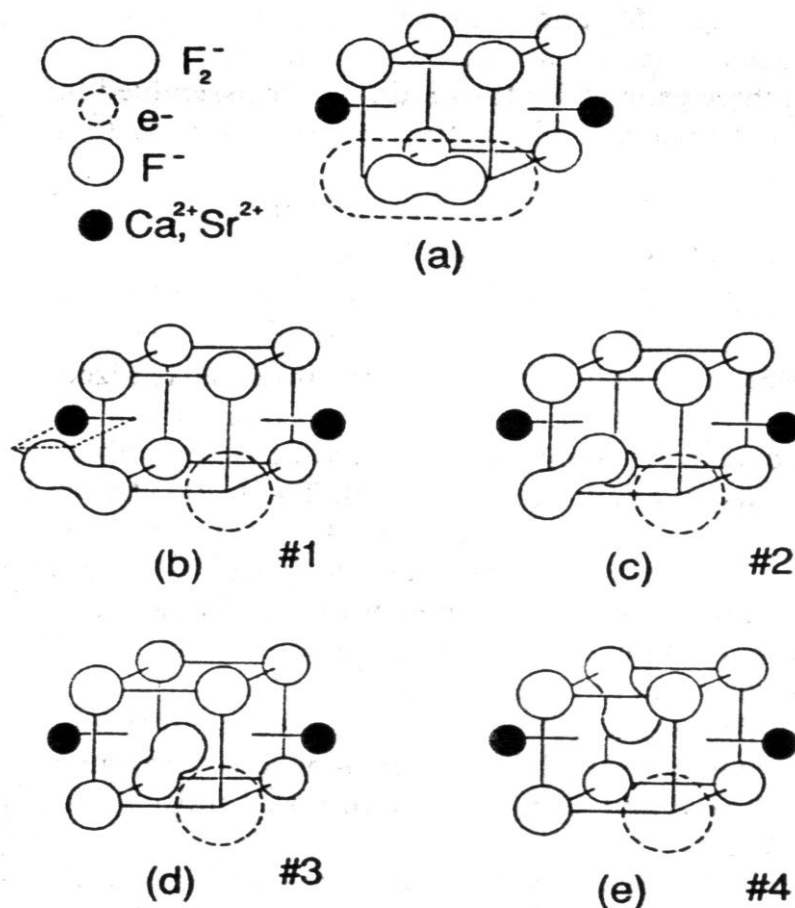


Рисунок 1.5. - Конфигурация V_k центра (a) и четыре возможные конфигурации F-H пар (b,c,d,e) в решетке флюорита. Нумерация соответствует принятой. Ионы металла представлены заштрихованными, а галоида – открытыми кружками. Н центр представлен в виде гантели, лежащей вдоль направления $\langle 111 \rangle$, а F центр – пунктирным кружком [23].

Кристаллы фторида кальция интенсивно люминесцируют при возбуждении вблизи края фундаментального поглощения. Согласно принципу Франка-Кондона процессы описываются. Значительная релаксация решетки в возбужденном состоянии приписывается большому сдвигу Стокса (~ 7 эВ). После перехода электрона в зону проводимости происходит искажение решетки около дырки, образуя молекулярный ион X_2^- , который занимает два соседних аниона в направлении плотной упаковки (V_k центр). Рекомбинация электрона с V_k центром сопровождается поступательным и вращательным движением X_2^- молекулярного иона. Локализация электрона на зарождающейся анионной вакансии вызывает образование F центра, и H центр, расположенный в ближайшем окружении F центра, ориентированный вдоль $\langle 111 \rangle$ направления. В зависимости от расстояния между компонентами (F-H)-пары в решетке флюорита возможны четыре конфигурации автолокализованных экситонов (self-trapped excitons – STE) [11]. Излучательная аннигиляция STE сопровождается появлением триплетной люминесценции на $h\nu_{\max} = 4,43$ эВ и возвращает решетку в невозмущенную конфигурацию.

В работе [32] обнаружено быстрозатухающее свечение (БС) в УФ области при синхронном воздействии на кристаллы флюорита импульса ускоренных электронов и интенсивной подсветки в области электронных компонентов поглощения STE. Так как природа этого свечения остается предметом дискуссий, то целью настоящей работы являлось получение дополнительной информации.

2. Методика эксперимента

В настоящей работе используют метод импульсной оптической спектроскопии с наносекундным разрешением [33,34,35] позволяющий измерить и изучать кинетику создания и эволюции центров люминесценции и поглощения под действием коротких импульсов возбуждающей радиации. На рис.2.1. представлен блок схема установки, это установка содержит три функциональные системы: источник радиации, оптический спектрометр и систему синхронизации. Ускоритель электронов конструкции Г. А. Месяца, Б. М. Ковальчука служит источником радиации [36,37]. По схеме Аркадьева-Маркса генератор импульсных напряжений (ГИН) ускорителя собирается. Он состоит из четырнадцати ступеней, каждая из них в качестве емкостных накопителей содержит один конденсатор типа К15 - 10. [38].

Питание емкостного накопителя осуществляется от высоковольтного источника, в котором содержит генератор импульсов тока, нагруженный на устройство напряжения, импульсный высокочастотный трансформатор, схему сравнения и схему запуска. Когда достигает заданного напряжения, схема сравнения срабатывает и синхроимпульс через тиристорную схему и импульсный трансформатор поступает на управляющую сетку тиратрона, высокое напряжение подается на анод. Ускорителя запускается при открытии тиратрона и закорачивании на землю сетки трехэлектродного разрядника.

Многократное облучение образцов требуется при измерении спектров в режиме фотоэлектрической регистрации, и, как следствие, стабильности параметров импульсного электронного пучка (ИЭП). Обычно, при зарядке ускорителя, на ключевую схему сравнения на транзисторах подается аналоговый сигнал с высоковольтного выпрямителя через делитель, это процесс задает порог срабатывания. Изменение температуры окружающей среды влияет на коэффициент нестабильности напряжения на высоковольтном выходе. С учетом жестких требований к стабилизации параметров цепей питания и

управления емкостного накопителя была разработана новая схема. С помощью термостатированного компаратора на микросхеме К554СА3 новая схема сравнения выполнена, питание и опорное напряжение которой стабилизированы интегральным стабилизатором К142ЕН8Б. Это позволяет добиться в широком интервале температур нестабильности выходного напряжения не хуже 0,1 %.

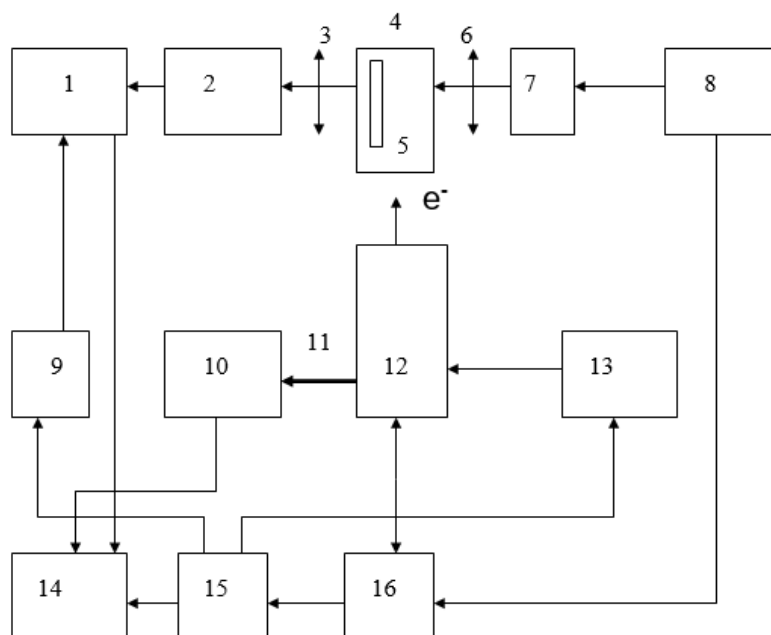


Рисунок 2.1. - Блок-схема установки импульсной оптической спектроскопии: 1 - ФЭУ; 2 - монохроматор; 3, 6 - конденсоры; 4 – криостат; 5 - образец; 7 - импульсная лампа; 8 - блок питания лампы; 9 - блок питания ФЭУ; 10 - ФЭУ светового запуска; 11 - оптический кабель; 12 - ускоритель электронов; 13 - блок питания и управления ускорителя; 14 - осциллограф; 15 - генератор задержанных импульсов; 16 - схема сравнения и управления

Последовательность срабатывания блоков (питания импульсной лампы и фотоумножителя, ускорителя) обеспечивалась генератором задержанных импульсов ГИ - 1. Схема оптического запуска генератора развертки осциллографа реализована от вспышки инициирующего срабатывание ГИ на разрядника, оптического кабеля и ФЭУ - 9.

Основные параметры установки импульсной спектроскопии:

Максимальная энергия электронов	0,28 МэВ
Длительность импульса (тока) на полувысоте	12 нс
Временное разрешение	7 нс
Частота следования импульсов	$(3 \cdot 10^{-2} - 10^{-3})$ Гц
Спектральный диапазон измерений	(200 - 1100) нм
Интервал температур	(80 - 700) К
Диапазон значений флюенса энергии ИЭП	(2 - 500) мДж/см ²
Обратная линейная дисперсия монохроматора	
МДР - 23 в области (200 - 600) нм	1,3 нм/мм
в области (600 - 1200) нм	2,6 нм/мм

Монокристаллы CaF_2 выращены методом Стокбаргера. Образцы облучались импульсом электронов с параметрами: максимальная энергия электронов 0,28 MeV, длительность импульса на полувысоте 12 ns, временное разрешение 7 ns, плотность энергии 0,2 J·см⁻². Синхронное оптическое возбуждение кристаллов CaF_2 осуществлялось вынужденным излучением (ВИ) кристаллов ZnSe ($h\nu_{\text{max}} = 2,61$ eV, полуширина полосы $\delta = 0,011$ eV) и CdSe ($h\nu_{\text{max}} = 1,87$ eV, $\delta = 0,015$ eV), которое при высоких уровнях возбуждения носит вынужденный характер, а величина энергии достигает десятков миллиджоулей. Спектры люминесценции корректировались на чувствительность измерительного тракта.

3. Экспериментальные результаты

**Не размещается в соответствие с требованиями
(ПРИКАЗ № 43/од от 22.04.2016)**

4 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки.

В данном разделе мы попытаемся проанализировать разработанную программу математического моделирования нагрева высокоомных материалов во время воздействия сильноточного электронного пучка с позиции конкурентно способности, технологичности, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Планирование этапов и выполнение работ по НИОКР

4.1.1 Планирование этапов работ

Научные исследования выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель и студент.

Выполнение и планирования работы по теме "Расчет изменения температуры материала во время воздействия импульсного электронного пучка" было разделено на следующие этапы, как показано на таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнители
Выдача задания	1	Составление и утверждение задания	науч. рук.
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	науч. рук., студ.
	3	Выбор направления исследований	науч. рук.
	4	Календарное планирование работ по теме	науч. рук.
Теоретические и	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	студ.
	6	Разработка программного продукта позволяющего производить расчет	студ.

экспериментальные исследования		нагрева высокоомных материалов во время воздействия импульсного электронного пучка при варьировании его параметров в широких пределах	
Обобщение и оценка результатов	7	Обобщение результатов расчета , проведен экономический анализ работ, определены мероприятия по технике безопасности	студ.
	8	Регистрация программы расчета изменения температуры материала за время воздействия импульсного электронного пучка	науч. рук., студ.
	9	Научное обоснование результатов и выводы	науч. рук., студ.
Оформление отчета по НИР	10	Разработка плана по оформлению работы	науч. рук., студ.
	11	Оформление отчета по работе	студ.
Защита отчета	12	Защита ВКР	студ.

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работы

Важнейшей составляющей процесса формирования научной работы является определение трудоемкости мероприятий по выполнению работ.

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, чел.-дн.; $t_{\max i}$, – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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.

4.1.3 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, включая производственную практику, и дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$U_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \times 100\%$$

где U_i – удельное значение каждой работы в %;

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

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_1 , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_1 = \frac{\sum T_{pi}}{T_p} \times 100\%$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

Результаты расчетов удельной работы и технической готовности сводятся в табл. 3.

4.1.4 Разработка календарного плана работ

Наиболее удобным и наглядным 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.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице 4.3 (научный руководитель (р), студент(с)):

Таблица 4.3 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполни тели		T _{pi} , дни		T _{ki} , дни	
	t _{min i} , чел-д ни		t _{max i} , чел-дни		t _{ожі} , чел-дни							
	р	с	р	с	р	с	р	с	р	с	р	с
Составление и утверждение задания	7	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12	-
Подбор и изучение материалов по теме	20	20	70	70	61	61	+	+	61	61	75	75
Выбор направления исследований	6	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12	-
Календарное планирование работ по теме	-	7	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12
Проведение теоретических расчетов и обоснований	20	-	50	-	40	-	+	-	-	40	-	48
Разработка программного продукта	-	25	-	55	-	43	-	+	-	43	-	54
Обобщение результатов расчета , проведен экономический анализ работ, определены мероприятия по технике безопасности	-	6	-	10	-	8	-	+	-	8	-	10

Регистрация программы расчета изменения температуры материала за время воздействия эле пучка	-	11	-	23	-	16	-	+	-	16	-	20
Научное обоснование результатов и выводы	4	4	14	14	10	10	+	+	5	5	6	6
Разработка плана по оформлению работы	1	1	5	5	3	3	+	+	1,5	1,5	2	2
Оформление отчета по работе	-	15	-	30	-	15	-	+	-	15	-	18
Итого	58	89	169	222	134	166			87,5	119,5	107	245

4.1.5 Календарный план-график в виде диаграммы Ганта

Таблица 4.4- Календарный план-график в виде диаграммы

№	Вид работ	И с п -л и	Т _к , кал , дн.	Продолжительность выполнения работ																																							
				сен.				окт.				Ноя.				дек.				янв.				фев.				март				апр.				май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2						
1	Составление и утверждение задания	Р	12																																								
2	Подбор и изучение материалов по теме	С	75																																								
Р		75																																									
3	Выбор направления исследований	Р	20 0																																								
4	Календарное планирование работ по теме	С	12																																								
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С	48																																								
6	Разработка программного продукта	С	55																																								

[illegible]

4.2 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.2.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных

ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 4.5

Таблица 4.5 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп .3
Бумага	шт.	5	5	5	160	160	160	800	800	800
Итого								800	800	800

4.2.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$Z_{об} = (Ц \cdot F_{ф}) / (F_{н} \cdot F_{сс}),$$

где Ц – цена оборудования, р.; $F_{н}$ – номинальный фонд времени (рабочее время в году), ч; $F_{сс}$ – срок службы оборудования, год; $F_{ф}$ – фактическое время занятости оборудования в НИР, ч. $F_{н} = 365 - 104 - 11 = 250$ дней = 2000 ч.

Вычисленная амортизация оборудования представлена в таблице 4.6.

Данные взяты на основе отчета лаборатории.

4.2.3 Основная заработная плата

Исходными нормативами заработной платы данных категорий работающих является оклад, определяющий уровень месячной заработной платы в зависимости от объема и ответственности работ.

Таблица 4.7 - Расчет основной заработной платы

№ п / п	Наименование этапов			Исполните ли по категориям			Трудоемко сть, чел.- дн.			Заработная плата, приходящая ся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Ис п.1	Ис п.2	Ис п.3	Ис п.1	Ис п.2	Исп .3	Ис п.1	Исп .2	Ис п.3
1	разра ботка упро щено й физ. модел и	разработка оптимизир ованной физ. модели	разраб отка упрош енной физ. модели	Р	Р	Р	10	20	10	1,8	1,8	1,8	18	36	18
2	разра ботка алгор итма без отлад ки	разработка алгоритма с отладкой	разраб отка алгори тма с отладк ой	С	С	С	15	30	30	0,6	0,6	0,6	9	18	18
3	разра ботка кода	разработка оптимизир ованного кода	разраб отка кода	С	С	С	30	60	30	0,6	0,6	0,6	18	36	18

4	разработка текстового интерфейса	разработка графического интерфейса	разработка графического интерфейса	С	С	С	15	30	30	0,6	0,6	0,6	9	18	18
Итого:													54	108	72

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $З$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 4.3);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 4.8).

Таблица 4.8 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени, дни	Руководитель	Студент
----------------------------------	--------------	---------

Календарное число дней в году	365	365
Количество нерабочих дней		
Выходные	104	104
Праздники (фактически по каждому году)	13	13
Планируемые потери отпуска	48	48
Действительный годовой фонд	200	200

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Таблица 4.9 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	Профессор	1	50000	0,3	0,2	1,3	97500	5070	87,5	443625
Студент		1	10000	0,3	0,2	1,3	19500	1014	119,5	121173
Итого $З_{\text{осн}}$										564798

4.2.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей

формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Подставив в формулу известные численные значения, получим:

4.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%

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

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

Таблица 4.10 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	443625	887250	443625	53235	106470	53235
Студент	121173	242346	118760	14540	29080	21810
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30					

Итого	
Исполнение 1	822344
Исполнение 2	1644688
Исполнение 3	827359

4.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуги; носят комплексный характер, т.е. включают различные экономические элементы затрат.

Накладные расходы составляют 50% от суммы основной, дополнительной заработной платы и от страховых взносов, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.2.7 Смета затрат на разработку

Все вышеперечисленные затраты включаются в смету, которая приведена в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	800	800	800	Пункт 4.3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	-	-	-	Пункт 4.3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	111540	223080	141960	Пункт 4.3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13384	26768	16638	Пункт 4.3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	33854	60708	50781	Пункт 4.3.4.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	нет затрат
7. Контрагентские расходы	-	-	-	нет затрат
8. Накладные расходы	26704	52108	34800	Пункт 4.3.4.6
9. Бюджет затрат НТИ	186282	363464	244979	Сумма ст. 1-8

4.3 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 финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 4.12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	2	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	2	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3	5	4
4. Энергосбережение	0,20	5	3	3
5. Надежность	0,25	5	3	3
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	3,8	3,95	3,55

Таблица 4.13 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый	0,5	1	0,67

	показатель разработки			
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1	0,6	0,6
3	Интегральный показатель эффективности	7,6	3,95	5,29
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,92	1	1,34

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта, по таблице 4.13 наиболее целесообразный вариант исполнения 1.

5 Раздел «Социальная ответственность»

Не размещается в соответствии с требованиями

(ПРИКАЗ № 43/од от 22.04.2016)

Анализ и заключение

Не размещается в соответствие с требованиями

(ПРИКАЗ № 43/од от 22.04.2016)

Список используемых источников

Не размещается в соответствии с требованиями

(ПРИКАЗ № 43/од от 22.04.2016)