

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 12.04.02 «ОпTOTехника»
Кафедра лазерной и световой техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема диссертации
«Исследование люминесценции литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺ »

УДК 537.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Лю Цун		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Валиев Дамир Талгатович	к.ф-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Д.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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



Институт: Физики высоких технологий
 Направление подготовки: 12.04.02 «Оптотехника»
 Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ А. Н. Яковлев
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации (магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4Б	Лю Цун

Тема работы:

«Исследование люминесценции литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺ »
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>Образцы литий-фосфат-боратных стекол общего состава Li₂O-B₂O₃-P₂O₅-CaF₂, установка импульсной спектроскопии с наносекундным разрешением «Импульс-1», литературные источники по теме исследования.</p>
<p>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,</i></p>	<p>- обзор литературы по теме ВКР; - исследование оптических свойств фосфатных стекол активированных (Tb/Ce) при различной концентрации (Tb, Ce); - исследование зависимости спектрально-кинетических свойств люминесценции от концентрации церия, в фосфатных стеклах активированных: (Tb/Ce). - исследование спектрально-кинетических свойств люминесценции при соактивировании двумя типами РЗИ: Tb/Ce; -исследование импульсной</p>

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	катодолюминесценции и фотолюминесценции стекол, активированных (Tb/Ce) при различной концентрации (Tb, Ce).
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в Microsoft PowerPoint 2010
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент каф. менеджмента Гаврикова Надежда Александровна
Социальная ответственность	Доцент каф. ЭБЖ Федорчук Юрий Митрофанович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Раздел на английском языке: Социальная ответственность	Кафедры иностранных языков ФТИ Ботова Анастасия Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.09.2014
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЛиСТ	Валиев Дамир Талгатович	к.ф.-м.н.		26.09.2014

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Лю Цун		26.09.2014

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 29 рисунков, 28 таблиц, источников, 1 приложения.

Ключевые слова: сцинтилляционные стекла, люминесценция, спектр, кинетика затухания люминесценции, редкоземельные ионы.

Объектом исследования являются образцы стекол легированные окислами редкоземельных ионов сваренных в Институте сцинтилляционных материалов НАН Украины.

Цель работы: экспериментальное исследование оптических и спектрально-люминесцентных характеристик фосфат-борат-флюоридных сцинтилляционных стекол, активированных Tb/Ce для люминесцентного контроля в оптико-электронных приборах.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Сцинтиллятор – вещество, обладающее способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения.

Люминесценция – нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения (фотолюминесценция – люминесценция, возбуждаемая электромагнитным излучением УФ – и видимого спектрального диапазона; катодолуминесценция – люминесценция, возбуждаемая электронным пучком).

Излучение – процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.

Спектрометрия – раздел физики, посвященный изучению спектров взаимодействия излучения с веществом.

Спектр – распределение интенсивности заданной величины по значениям энергии (длины волны или частоты) электромагнитного излучения

Обозначения и сокращения

РЗЭ –редкоземельные элементы

РЗИ – редкоземельные ионы

ИКЛ – импульсная катодолюминесценция

УФ –ультрафиолетовая область

БПВ – безызлучательный перенос энергии

ЭВ –электронные возбуждения

СЭП –сильноточный электронный пучок

ИПЭ – импульсный поток электронов

ФЭУ –фотоэлектронный умножитель

ГИ – генератор импульсов

Оглавление

Введение	7
1 Сцинтилляционные свойства стекол, активированных РЗИ и безызлучательный перенос энергии (литературный обзор)	10
1.1 Электронная структура лантаноидов	10
1.2 Физико-химические свойства сцинтилляционных стекол, активированных РЗИ	14
1.3 Люминесцентные свойства сцинтилляционных стекол, активированных ионами РЗИ	20
1.4 Процессы переноса энергии возбуждения в твердом теле	20
Выводы по главе 1	
2 Объекты исследования и техника эксперимента	26
2.1 Образцы и технология их изготовления	26
2.2.1 Методика импульсной катодолуминесцентной спектрометрии с наносекундным разрешением по времени	28
2.2.2 Регистрация спектров ИКЛ на основе оптоволоконного спектрометра AvaSpec	31
2.2.3. Измерения оптического поглощения образцов спектров	32
2.2.4. Регистрация стационарных спектров возбуждения и фотолюминесценции	33
Выводы по главе 2	
3 Экспериментальные результаты и их обсуждение	36
3.1. Оптические свойства стёкол активированных Tb^{3+}/Ce^{3+} с различной концентрацией Ce^{3+}	36
3.2 Фотолюминесценция фосфатных стекол активированных Tb^{3+}/Ce^{3+}	39
3.3 Импульсная катодолуминесценция стекол, активированных ионами Tb^{3+}/Ce^{3+}	41
3.4 Влияние концентрации церия на оптические и спектрально-кинетические характеристики люминесценции стекол, активированных ионами Tb^{3+}/Ce^{3+} .	43
Выводы по главе 3.	
Заключение	50

4. Фининсовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
4.1.2 SWOT-анализ	51
4.2 Инициация проекта	53
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	56
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	56
4.3.2. Контрольные события проекта	57
4.3.3 План проекта	57
4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования	58
4.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	61
4.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
4.4.3 Отчисления на социальные нужды	64
4.4.4 Накладные расходы	65
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
5. иальная ответственность	70
5.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте	70
5.1.1 Микроклимат	71
5.1.2 Шум	72
5.1.3 Освещенность	74
5.1.4 Электробезопасность	77
5.1.5 Электромагнитное излучение	79
5.1.6 Пожаровзрывоопасность	81
5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	84
5.3 Охрана окружающей среды	86
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений	87

Заключение	89
Список используемых источников	90
Приложение А (английский язык)	98
CD-диск	

Введение

Сцинтилляторы на современном этапе получили широкое распространение в качестве ключевых оптических узлов детекторов ионизирующих излучений. Широкий спектр полезных физико-химических свойств данных материалов делает сцинтилляционную технику весьма функциональной и востребованной для детектирования ионизирующих излучений и выдвигает ее на первый план среди остальных существующих техник аналогичного предназначения. Эволюция сцинтилляционных материалов, направленная на улучшение их характеристик, продолжается непрерывно [1].

Неорганическое стекло может выступать преобразователь рентгеновских лучей. Благодаря их уникальным свойствам – в видимом диапазоне спектра прозрачность, окружающей среды, достаточная прочность, стойкость против воздействия, гибкая технологичность, позволяющая относительно простыми средствами изготавливать изделия различной формы, стекло широко используется для изготовления измерительных устройств и конструктивных элементов различных приборов [2].

Оксиды редкоземельных элементов (РЗЭ) используют в качестве активаторов люминесценции стекол, как правило, Специфика физико-химических оксидов РЗЭ связана с особенностями наличием незаполненных орбиталей и их электронного строения.

Активированные стекла успешно «работают» в качестве преобразователей ионизирующего излучения различного типа. Благодаря им уникальным свойствам – в видимом диапазоне спектра прозрачность, гибкая технологичность, стойкость против воздействия окружающей среды, достаточная прочность, позволяющая изготавливать изделия различной формы, стекла являет перспективный сцинтилляционный материал.

Однако недостаток стекол, несмотря на значительные преимущества, проявляется в том, что они как правило, имеют низкую эффективность передачи энергии. Низкая сцинтилляционная эффективность может быть связана с плохой передачей энергии возбуждения к центрам высвечивания

ввиду отсутствия дальнего порядка в стеклообразных структурах. Однако отсутствие дальнего порядка не может явиться препятствием для существования эффективного резонансного механизма передачи энергии возбуждения. Возможность увеличения светового выхода люминесценции заключается именно в целенаправленном формировании окружения иона активатора, и, следовательно, в формировании оптимальной структуры стекла, поиске путей и методов модификации стеклообразной матрицы [3]. Кроме структурных факторов, повышение сцинтилляционной эффективности в некоторых пределах может быть достигнуто за счет оптимизации концентрации активатора и подбора соактиватора. В качестве активаторов люминесценции стекол, как правило, используются оксиды редкоземельных элементов (РЗЭ).

Применение фосфатных стекол требуют новых подходов в объяснении физических процессов, происходящих в матрице. Исследованиям различных механизмов взаимодействия ионов РЗЭ между собой, и взаимодействие с самой матрицей или ее дефектами посвящено огромное количество работ [4-6].

В настоящее время ведутся исследования фосфатных стекол различного концентрационного состава активатора и соактиватора для получения оптимальных характеристик.

Объектом исследования в настоящей работе являются литий-фосфат-боратные стекла, активированные редкоземельными элементами (Тб, Се).

Цель работы: экспериментальное исследование оптических и спектрально-люминесцентных характеристик литий-фосфат-борат-флюоридных сцинтилляционных стекол, активированных Тб/Се

Основные задачи исследований:

1. Исследование оптических свойств литий-фосфат-боратных стекол активированных Тб/Се с различной концентрации ионов Се.
2. Исследование спектров возбуждения люминесценции, фотолюминесценции, катодолюминесценции образцов стекол, активированных Тб/Се.
3. Исследование влияния типа и концентрации соактиватора на кинетику затухания люминесценции тербия в характеристических полосах.

4. Исследование зависимости кинетических характеристик затухания люминесценции от условий возбуждения (температуры, плотности энергии возбуждения).

5. Анализ процессов переноса энергии возбуждения между ионами тербия и церия.

Объем и структура диссертации

Диссертация содержит на 110 страницах машинописного текста и содержит 28 таблиц, 29 рисунков и библиографический список из 73 наименований, состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы;

1 Сцинтилляционные свойства стекол, активированных РЗИ и безызлучательный перенос энергии (литературный обзор)

1.1 Электронная структура лантаноидов

Группа редкоземельных элементов включает в себя семейство лантаноидов с 57 по 71 в периодической системе Д. И. Менделеева, также элементы лантан (La) и скандий (Sc), иттрий (Y). Наличие постепенно заполняющейся 4f-оболочки характеризуют лантаноидов, которая расположена под слоем внешних 5s-, 5p- и 6s-оболочек.

Ионы лантаноидов имеют сильно локализованные 4f электроны и их излучательные переходы не зависят от внешних ионов. Это обуславливается тем, что низкоэнергетичные 4f электроны за счет внешних заполненных 5p и 5s электронных оболочек экранированы от матрицы. Вследствие экранирования 4f-оболочки от воздействия полей соседних ионов заполненной оболочкой 5s₂ 5p₆, в спектре люминесценции и поглощения характерно появление узких полос. [7], [8].

Такие полосы возникают за счет перехода РЗИ из одного из возможных возбуждённых состояний в стационарное состояние. Количество и положение возбуждённых уровней зависит от числа электронов на 4f-оболочке. Такой характер поведения 4f электронов РЗЭ в различных матрицах остается неизменным, и осуществляется в основном в трехвалентном состоянии.

В матрице РЗИ образуют оптические центры. При этом считается [9], что в центр входит сам ион активатора (катион) и атомы, составляющие его первую координационную сферу (анионы). Акты поглощения и излучения света происходят в пределах каждого центра. Свойства этих локализованных оптических центров определяют спектрально-люминесцентные и лазерные параметры активированного материала. Интенсивность люминесценции связана линейно с концентрацией РЗИ. Но при превышении некоторой концентрации РЗИ начинается взаимодействие между ионами и резонансная передача энергии между ионами вследствие чего увеличивается вероятность безызлучательной потери энергии.

Большинство РЗИ интенсивно люминесцируют при облучении потоком ускоренных электронов и оптическом возбуждении. Спектры ионов лантаноидов представлены в работах [5][6] [7][10][11] и представляют собой набор характеристических полос. Спектральная область, где наблюдается излучение ионов редкоземельных элементов охватывает весь оптический диапазон от УФ до ИК излучения. Для иона Ce^{3+} характерна полоса в области УФ, обусловленная разрешенным переходом между $4f$ и $5d$ электронных уровней [6]. Спектр люминесценции ионов Tb^{3+} и Eu^{3+} состоит из нескольких полос в видимой области. Ионы Yb^{3+} , Nd^{3+} , Er^{3+} излучают в инфракрасной области спектра [12].

Полосы люминесценции представляет застывшую структуру, полученную из расщепления атомных уровней основного и возбуждённого состояний [13]. Атомные уровни энергии состояние РЗИ можно определить с помощью квантовых чисел спинового S , орбитального L и полного углового момента количества движения J , обозначение имеет вид $^{2S+1}L_J$ [14].

Штарковские уровни расположены близко друг к другу, и термически связаны между собой. Относительная заселенность таких энергетических уровней рассчитывается распределением Больцмана. Вследствие повышения температуры происходит увеличения заселенности Штарковских уровней из-за их большей энергий по сравнению с нижними уровнями. Благодаря этому эффекту происходит изменения в спектрах поглощения и излучения [13]. При увеличении температуры уменьшается вероятность излучательных переходов.

От переходов внутри экранированной конфигурации $4f_n$ -конфигурации для меж конфигурационных переходов $4f_n \leftrightarrow 4f_{n-1}5d$ характерно отличие. Так какие переходы разрешены правилом Лапорта и способствуют к появлению широких полос в спектрах люминесценции и поглощения [15]. На рисунке - 1 представлена схема оптических переходов ионов Tb^{3+} , Ce^{3+} [7]

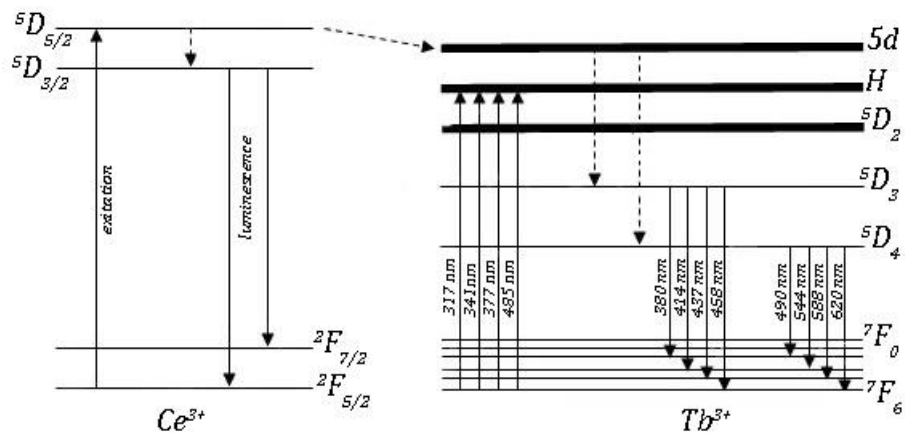


Рисунок 1 – Оптические переходы РЗИ (а) тербия и (б) церия [6]

В спектрах поглощения и люминесценции РЗИ положение полос незначительно зависит от координационного окружения иона. Возбужденные состояния ионов зависят от числа электронов на 4f – оболочке [16].

В статье Dieke G.H (Дике) были впервые построены энергетических уровней редкоземельных ионов всех 4f n-конфигураций в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой области спектра [17]. Такие диаграммы действительно с достаточной точностью справедливы для редкоземельных ионов в различных матрицах стеклообразных из-за малого вклада величины поля стеклообразной матрицы (См. рисунок – 2).



Рисунок 2 – Диаграмма Дике [17]

Когда электроны в возбужденном состоянии, из-за состояний (люминесценция) РЗИ вследствие запрещенности ff-переходов имеет более длительный срок наносекунд до миллисекунд.

Благодаря переходам между $4f^n$ -состояниями также межконфигурационными переходами между $4f^n$ - и $5d$ -состояниями в стационарное состояние возникают излучательные переходы [18].

Материалы легированные РЗИ обладают рядом оптических свойств, которые позволяют использовать в качестве люминофоров, лазерных сред:

- время жизни электрона в возбужденных состояниях, может варьироваться и достигать вплоть до значений 10мс;
- эффективная люминесценция РЗИ, достигает высокого квантового выхода с низкой энергией эмиссии фононов;

- характеристики люминесценции РЗИ практически не изменяется от матрицы в которой они находятся;
- возможность изменения оптических свойств различных материалов, исходя из структуры энергетических уровней лантаноидов.

1.2 Физико-химические свойства сцинтилляционных стекол, активированных РЗИ

Высокий квантовый выход свечения материалов, активированных РЗИ, определяет их использование в качестве люминофоров, активных сред оптических квантовых генераторов, детекторов ионизирующего излучения. Сцинтилляционные материалы часто активируют редкоземельными ионами [19], т.к. их использование получают излучающие среды с заданными свойствами (временем затухания, спектральным составом излучения и пр.). Стеклообразные материалы используют как основу для сцинтилляционных детекторов. В работе [20] описан сцинтилляционный детектор нейтронов на базе 6Li-силикатного стекла, активированного церием с характеристиками, сравнимыми с лучшими детекторами из германата висмута $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. РЗИ, имеющие интенсивные полосы в видимой области, такие как европий, тербий, диспрозий вводят в качестве добавок в люминофорные составы [21]. Цветность излучения таким материалов можно изменять, варьируя содержание активаторов, подбирая соактиваторы. Таким образом создают многоцветные фосфоры [22]. Активированные РЗИ люминофоры используются как преобразователи излучения в «белых» светодиодах [16]. Основой современных волоконных лазеров также является активированное РЗИ стекло. Авторы работы [23] разработали лазер на основе фосфатного стекла с примесями $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$.

В целом, активированные стекла имеют меньший световой выход по сравнению с кристаллами, обладают меньшей механической прочностью и теплопроводностью. Однако, во многих случаях использование стекла, как матрицы для создания излучающих сред обусловлено следующими факторами:

- возможность получения крупногабаритных изделий при достаточно низкой себестоимости;
- простота изготовления стеклянных деталей различной формы;
- высокая однородность распределения введенной примеси;
- возможность регулирования и состава примеси РЗИ, и состава стеклообразной матрицы позволяет в широких пределах изменять физико-химические и спектрально-люминесцентные характеристики среды.

Наибольшее распространение в производстве получили силикатные стекла. Производство таких стекол наиболее экономично и достаточно технологично. Фосфатные стекла в настоящее время являются второй важнейшей группой стекол в оптических технологиях. Стекла на фосфатной основе обладают лучшим пропусканием в УФ области спектра. Как правило, РЗИ в таких стеклах выступают как в качестве активаторов, так и в качестве сенсibilизаторов, не уменьшая прозрачность в видимом диапазоне спектра и увеличивают стойкость к окружающей среде [24]. Такая проблема первых фосфатных стекол как гигроскопичность в настоящее успешно решается путем подбора ионов-модификаторов, использования специальных технологий обработки поверхности. Фосфатные стекла, в силу своей большей лучевой прочности, по сравнению с силикатными стеклами, используются в мощных лазерных установках в качестве рабочей среды.

В целом, для фосфатных стекло характерен более эффективный перенос энергии возбуждения между РЗИ. Поэтому на фосфатной основе разрабатываются излучательные среды с высоким световым выходом с использованием явления сенсibilизации люминесценции.

Ионы редкоземельных ионов Tb^{3+} , Ce^{3+} активно используются в различных материалах фотоники, в том числе и структурированных и аморфных системах сложного состава в качестве активаторов [25-29]

Ионы трехвалентного тербия входящие в состав аморфных сред за счет уникальных оптических свойств находят применение в оптическом приборостроении. Так как во многих технических приложениях использует такую систему, в рентгенографии как детекторы тепловых нейтронов, из их

высокой интенсивности люминесценции в области 550нм, которая удобна для прямой связи с кремниевыми детекторами. Стекловолокна, включающие в свой состав ионы Tb^{3+} , являются важной частью сцинтилляционных материалов и находят применение в неразрушающем контроле. Интерес к таким материалам постоянно растет, что находит отражение в публикациях посвященных как спектрально-кинетическим исследованиям иона тербия в различных излучающих системах, исследованиям по переносу электронного возбуждения в матрице, так и построению различных люминесцентных методик определения редкоземельных элементов в присутствии тербия [30-31]. В матрицу стекла обычно могут добавляться различные ионы-соактиваторы (Ce^{3+} , Tb^{3+}) для улучшения излучательных характеристик ионов тербия, которые посредством различных механизмов могут передавать энергию возбуждения центрам свечения. Наиболее распространенный возбудитель для различных материалов, таких как кристаллы и стекловидным материалом является церий. В разных матрицах трехвалентные ионы (Ce^{3+}) обладают удовлетворительной растворимостью. Активированных церием стекол обусловлена большим сечением захвата электронных возбуждений ионами Ce^{3+} благодаря высокой сцинтилляционной эффективности. Основное 4f-состояние расщеплено спин-орбитальным взаимодействием на два уровня $^2F_{5/2}$ и $^5F_{7/2}$. Известно, что эффективным сенсбилизатором для ионов тербия являются ионы церия [32]. в алюмосиликатных [33], фосфатных стеклах [34] матрицах, Процессы переноса энергии достаточно широко исследуются .

Ионов трехвалентного церия Ce^{3+} имеют удовлетворительной растворимостью в разных матрицах [35]. Высокая эффективность активированных церием сцинтилляционных кристаллов из-за большого сечения захвата электронных возбуждений ионов Ce^{3+} . Основное 4f-состояние расщеплено спин-орбитальным взаимодействием на два уровня $^2F_{5/2}$ и $^5F_{7/2}$. Расщепление зависит от многих факторов и изменяется от кристалла к кристаллу. Его значение среднее составляет около 0,25эВ [36]. Ионов церия спектра поглощения и возбуждения полосы соответствуют переходам между основным состоянием 4f и подуровнями расщепления, но проявляется

единственная полоса в люминесценции, соответствующая переходу с наинизшего из подуровней $5d$ в основное состояние. Немаловажным фактором также является состав матрицы, который может оказывать существенное влияние на характеристики стекол. Так, например, Обогащенный лития и бора из стекла, является перспективным материалом для создания дозиметров, сцинтилляторов для регистрации потоков нейтронов, т.к. литий и бор имеют большой сечение захвата тепловых нейтронов [37,38]. Кроме того, используемая стеклообразная матрица должна обладать хорошие физико-химические и эксплуатационные свойства, быть негигроскопичной, иметь высокой растворяющей способностью по отношению к РЗИ

1.3 Люминесцентные свойства излучающих сред активированных ионами РЗИ

РЗИ (Ce^{3+} , Tb^{3+}) как правило, в стеклообразные матрицы водятся в качестве трехвалентного оксида с контролируемой концентрацией.

Ионов церия Ce^{3+} обладают $4f$ -конфигурацию основного состояния и нижнее возбужденное $5d$ -состояние с энергией 5.9эВ . Стекла легированные ионами Ce^{3+} , благодаря разрешенным электродипольным переходам $4f$ и $5d$ имеют интенсивное излучение в УФ области с коротким временем затухания. Спектр как правило состоит из полосы с максимум интенсивности $350 - 365\text{нм}$. Особенностью иона церия является то что спектры люминесценции и возбуждения перекрываются. В работе [39], показаны спектры поглощения и фотолюминесценции при возбуждении 273нм образцов стекол состава $Li_2O - MgO - Al_2O_3 - SiO_2$ легированные различной концентрацией ионов церия.

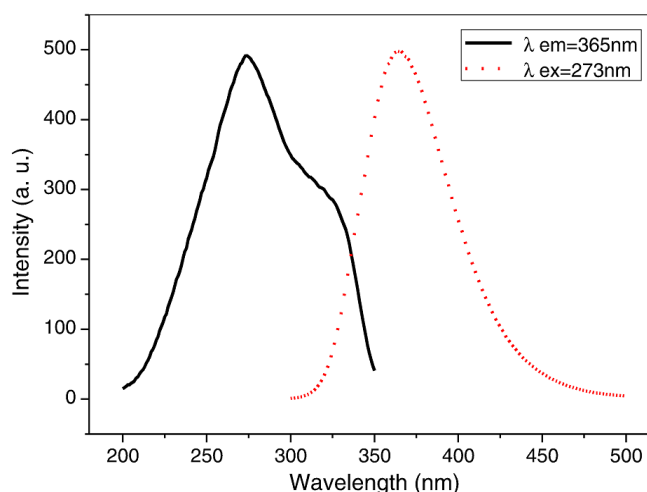


Рисунок 3 – Спектр возбуждения и люминесценции стеклов состава $\text{Li}_2\text{O-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ активированные ионами церия [39]

Благодаря эффективной передаче энергии от ионов церия к соседним редкоземельным ионам, церий вводится в состав стеклообразного или кристаллического материала методом соактивации с другими типами ионов лантаноидов. Такая соактивация позволяет значительно увеличить квантовый выход и приводит к значительному увеличению интенсивности свечения к примеру ионов тербия, европия, празеодима.

Авторами [40] показаны спектры фотолюминесценции свечения ионов тербия при возбуждении 273 нм. Установлено что увеличение концентрации церия приводит к эффективному увеличению интенсивностей всех полос характерным как ионам церия так и европия.

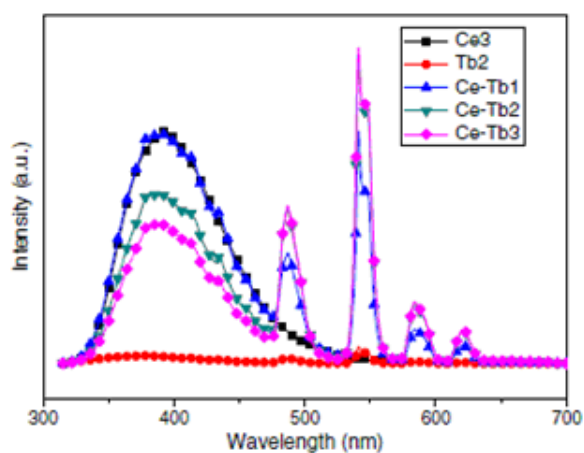


Рисунок 4 – Спектры люминесценции стеклов состава $\text{Li}_2\text{O-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ активированные ионами церия, тербия и различной концентрацией тербия [40]

Время затухания излучения ионов Ce^{3+} составляет несколько десятков наносекунд, что обеспечивает высокий световой выход и быструю реакцию по времени, а материалы содержащие в себе ионы серия могут быть использованы для детектирования рентгеновского излучения и потока нейтронов [42].

Кроме того, введение ионов церия увеличивает радиационную стойкость матрицы, что также является немаловажным фактором при работе в местах повышенной радиации условиях [43].

Авторами [44] были исследованы спектральные характеристики стекол германата натрия легированных тербием, при возбуждении 344 нм.

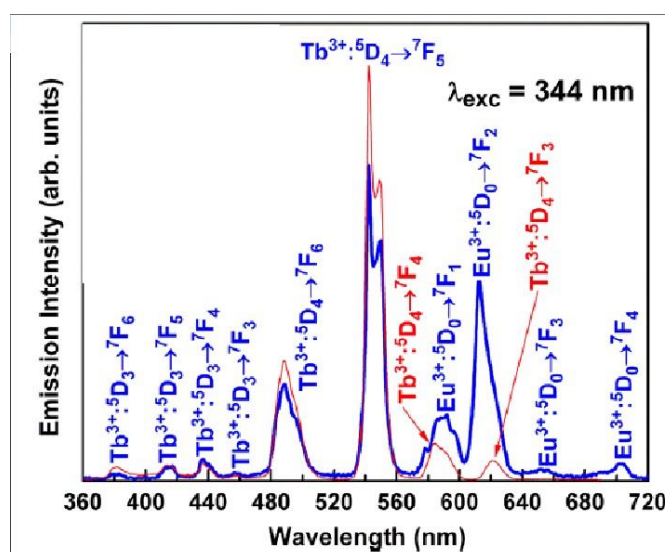


Рисунок 5 – Спектры фотолюминесценции стекол германата натрия легированного Tb^{3+} при возбуждении на 344 нм [44]

Люминесценция ионов тербия преобладает в видимом диапазоне благодаря разрешённым переходам $^5\text{D}_4 \rightarrow ^7\text{F}_j$ ($j=2,3,4,5,6$), которая в настоящее время применяется в качестве детектора в наночастицах оксида кремния, наиболее интенсивные из которых $^5\text{D}_4 \rightarrow ^5\text{F}_5$ соответствует длине волны излучения 543 нм.

В настоящее время ведется поиск новых сцинтилляционных материалов проводятся исследования различных люминофоров активированных ионами лантаноидов для применения в оптической индустрии.

1.4 Процессы переноса энергии возбуждения в твердом теле

В физике стеклообразных и лазерных кристаллических материалов исключительную роль играет безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения (БПВ), определяет физический процесс, при котором основно возбужденная частица - донор энергии в результате слабого взаимодействия с другой частицей – акцептором энергии - переходит в электронное или электронно - колебательное состояние с меньшей энергией.

Особенно полезен эффект безызлучательного переноса энергии при соактивации и сенсбилизации люминесценции РЗИ. Процессы поглощения, излучение света и безызлучательные переходы происходят в каждом центре, на несколько колебательных квантов матрицы,при которых энергия возбужденного РЗ иона разменивается (рис. 6)

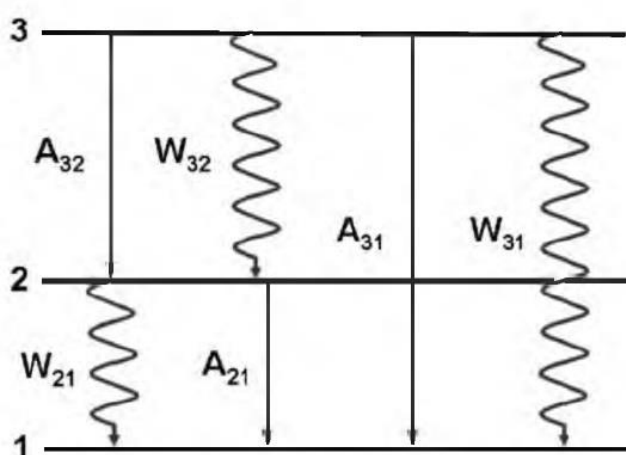


Рис. 6 –Для трёх уровней,возможные типы излучательных и безызлучательных переходов[46]

Благодаря безызлучательным переходам осуществляется передача энергии от одного центра свечения к другому центру свечения, но при этом не происходит излучение фотона, энергия как правила передается в виде фононных колебаний.

$$A_{ij}^{Phonon} = C[n(T) + 1]^p \exp(-\alpha\Delta E_{ij}) \quad (1)$$

где $n(T)$ представляет собой Бозе–Эйнштейновскую заселенность определяемую как:

$$n(T) = \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right) - 1} \quad (2)$$

где $\hbar\omega$ - где - для такого вида колебаний максимальная энергия фононов и является матрично-зависимой (host-dependent). Целое число фононов p , в уравнении 6, его определяется отношением энергетического интервала ΔE_{ij} к энергии фонона:

$$p = \frac{\Delta E_{ij}}{\hbar\omega} \quad (3)$$

в уравнении 4 константы C и α , являются матрично-зависимыми и нечувствительны к энергетическим уровням редкоземельных ионов. При C возрастает с уменьшением кристаллической структуры, в то время как α уменьшается с уменьшением кристаллической структуры, можно судить по таблице 1. По сравнению с стекла на фторидной основе, силикатное стекло имеет большую фононную интенсивность (скорость). Кроме того, с понижением температуры, что связано с температурной зависимостью $n(T)$.

Таблица 1 – По сравнению матрично-зависимых фононных параметров [46]

Матрица	C (Hz)	α (10^{-3} см)	$\hbar\omega$ см^{-1}
Фосфатное стекло	$5,4 \cdot 10^{12}$	4,7	1200
Силикатное стекло	$1,4 \cdot 10^{12}$	4,7	1100
Флуороцирконатное стекло	$1,59 \cdot 10^{10}$	5,19	500

При значительно большой концентрации ионов лантаноидов увеличивается вероятность появления излучательного переноса переноса, обусловленного реабсорбцией акцептором энергии излучения возбужденного

донора [16]. Авторами рассматривается [16] БПВ от некоторых ионов переходных металлов к примеру Cr^{3+} , Mn^{2+} , Mo^{3+} .

Из-за исходя природы возможных безызлучательных переходов, можно сказать о двух видах БПВ с участием лантаноидов, об ион-ионном и ион-колебательном.

Ион-ионный перенос возбуждения представляет собой процесс размена кванта энергии электронного возбуждения на энергетически эквивалентное количество фотонов, локальных, квазилокальных, или кристаллических, возбуждаемых в первой или более дальних координационных сферах электронного центра.

Ион-ионный перенос БПВ подразделяется на несколько разновидностей:

- БПВ с полным переходом энергии возбуждения к акцептору благодаря тепловым колебаниям решетки иными словами благодаря безызлучательной релаксации возбуждения между уровнями в основное состоянии.

- БПВ в безызлучательной релаксацией в А в нестабильное состояние с последующим излучением кванта энергии.

- Много кратный БПВ по одинаковым частицам без осуществления. Без лучистогорелаксации энергии возбуждения при единичном акте БПВ, называемый процессом миграции энергии возбуждения по донорной подсистеме.

- Без лучистого переноса энергии электронного возбуждения к акцептору, который находится в возбужденном состоянии

- Кооперативное БПВ, или одновременное перенос энергии возбуждения от двух или более доноров на один невозбужденный акцептор с суммированием квантов энергии .

Вторым видом БПВ является ион-колебательный перенос энергии и представляет собой процесс перехода энергии кванта электронного возбуждения на энергетически эквивалентное количество фотонов в первой или более дальних координационных сферах электронного центра. Такой

процесс стимулирует эффект безызлучательной релаксации электронного возбуждения. Для трехвалентных ионов лантаноидов в различных кристаллических и стеклообразных матрицах установлено, что вероятность безызлучательных переходов сильно зависит от числа колебательных квантов, или фононов, участвующих в акте БПВ. Разновидностями ион-колебательного БПВ являются:

БПВ на обертоны колебаний примесных молекулярных групп. Для стекол акцепторами могут служить оксигидрильные группировки. Из которых наибольшее значение имеют группы гидроксильные (ОН).

Внутрицентровой БПВ на колебания стеклообразующих молекулярных групп, входящих в первую координационную сферу донора энергии.

Для этого вида БПВ характерно то, что он присутствует практически во всех видах стеклообразной матрицы при любых концентрациях активаторов. Все остальные разновидности БПВ имеют межцентровой характер благодаря чему их можно устранить путем уменьшения концентрации акцептора.

Особенностью ион – ионного БПВ является наличие трехчастичных процессов таких как: донор энергии – акцептор энергии – фононы решетки.

Ионы церия используются в различных областях оптической индустрии как эффективный сенсibilизатор, наиболее в стеклообразных матрицах для усиления свечения люминесценции ионов тербия. Процессам переноса энергии между ионами в таких стеклообразных матрицах посвящено множество работ.

В работе [47] авторами проделаны исследования посвященные механизмам переноса энергии в боратных стеклах легированных ионами церия и тербия.

Возбуждение стекол осуществилось на спектрофотометре Hitachi на 320 нм. Экспериментально доказано что присутствие церия увеличивает интенсивность свечения полос тербия. Объяснением этому служит безызлучательный перенос энергии от ионов церия к ионам тербия в боратных стеклах.

В статье [48], так же исследовались энергии между процессы переноса ионами церия и тербия в окси флюоридно-алюминосиликатной матрице.

В работах [49-50] авторами показано что перенос энергии осуществляется главным образом за счет диполь-дипольного взаимодействия (Рисунок - 7). Установлено что стекло, легированное ионами Ce^{3+} и Tb^{3+} при облучении потоком высокоэнергичных фотонов или энергией ускоренных электронов произойдет поглощение энергии не только матрицей, но и ионами церия. При этом ионы церия, переходят в возбужденное состояние на уровень $^5D_{5/2}$. Дальнейшая релаксации на нижний энергетический $^5D_{3/2}$ уровень в ионе церия продолжается по безызлучательным каналам на возбужденные уровни иона тербия 5D_3 , 5D_4 . Такой процесс возможен благодаря наличию близких по энергиям излучательных уровней ионов тербия. Кроме того, как говорилось выше солегированных церия и тербия существенно увеличивает в полосах ответственных интенсивность люминесценции за свечение тербия.

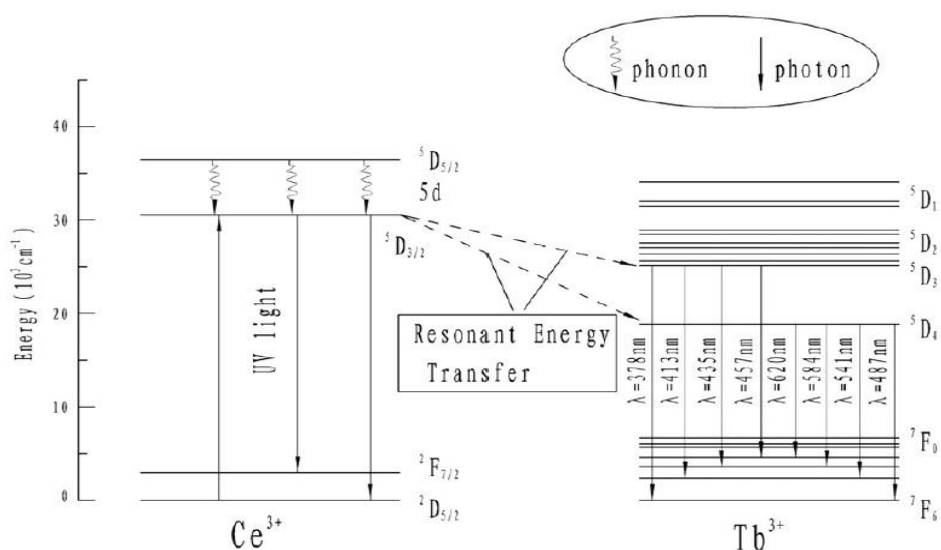


Рисунок 7 – Передача энергии между ионами церия и тербия [40]

Благодаря чему появляется возможность использования таких стекол в качестве сцинтилляционного материала в различных направлениях рентгенографии.

Однако возможно тушение люминесценции различных ионов лантаноидов за счет безызлучательной передачи энергии. Тушение люминесценции происходит за счет передачи энергии «донора», к акцептору, что в свою очередь приводит к частичному уменьшению интенсивности

донора [51]. Такой процесс может быть использовано как для подавления нежелательной флуоресценции, так и для увеличения эффективности более слабых оптических переходов. Изменяя состав активаторов и соактиваторов, подбирая их оптимальную концентрацию становится возможным создание сцинтилляционного материала с заданными спектральными характеристиками люминесценции и необходимой длительностью вспышки свечения.

Выводы по главе 1

- Стекла содержащие РЗИ являются перспективными материалами для их использования в области детектирования ионизирующих излучений, создания излучающих сред.

- Оптимизация соотношения редкоземельных ионов в паре активатор/соактиватор позволяет увеличивать эффективность люминесцентного процесса в определенных полосах, тем самым увеличивая световой выход материала.

- Процессы взаимодействия между редкоземельными ионами влияют на временные параметры затухания люминесценции и на эффективность свечения.

- Кинетические закономерности люминесценции не достаточно изучены. Сведения о кинетике релаксации возбуждения в наносекундном временном диапазоне в литературе представлены очень ограниченно. Влияние температуры и плотности энергии возбуждения для многих редкоземельных ионов практически не изучено. Такие закономерности могут быть полезны при разработке моделей процессов взаимодействия редкоземельных ионов между собой и между матрицей.

- Для поиска путей совершенствования сцинтилляционных характеристик стеклообразных материалов, активированных РЗИ требуются систематические исследования физических процессов происходящих в

образцах при селективном и не селективном возбуждении с использованием современных методик с высоким временным разрешением.

ГЛАВА II МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИССЛЕДУЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ

2.1 Стекла состава $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ активированные Ce^{3+} и Tb^{3+}

Исследованы стекла состава $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ (*LBPC*), активированные: Tb 5 масс %, Ce 0.2 масс % (*LBPC:Tb5Ce 0.2*); Tb 5 масс %, Ce 0,5 масс % (*LBPC:Tb5 Ce 0.5*); Tb 5 масс % Ce 1 масс % (*LBPC:Tb5 Ce 1*). Образцы были синтезированы в Институте монокристаллов Национальной Академии наук Украины (г. Харьков). Для синтеза стекол были выбраны следующие компоненты: LiPO_3 , H_3BO_3 , CaF_2 , Eu_2O_3 и Tb_2O_3 . Полученные стекла характеризуются гомогенностью, хорошей прозрачностью и влагостойкостью. Состав исследуемых образцов приведен в таблице 2.

Таблица 2 Состав исследуемых образцов сцинтилляционных стекол

Sample	Composition, weight %				
	Ce_2O_3	Tb_2O_3	CaF_2	H_3BO_3	LiPO_3
<i>LBPC:Tb5Ce0.2</i>	0.5	5	10	10	100
<i>LBPC: Tb5Ce0.5</i>	0.7	5	10	10	100
<i>LBPC: Tb5Ce1</i>	1	5	10	10	100
<i>LBPC: Tb5</i>		5	10	10	100

Основным компонентом всех изготовленных и исследованных в этой работе стекол был метафосфат лития. Так какой выбор зависит от его низкой температурой плавления и высокой растворяющей способностью по отношению к разнообразным окислам и солям, что позволяет легко модифицировать состав стекол, добавлять активаторы в достаточно больших количествах. Метафосфат лития получали путем плавления порошка дигидрофосфата лития (LiH_2PO_4) при температуре 900°C в платиновых тиглях в течение 40 минут. Расплавленную массу выливали в стеклоуглеродный тигель и охлаждали до комнатной температуры. Полученный плав измельчали и использовали в дальнейшем как компонент шихты для изготовления стекол.

Температуры плавления окислов REE расположены в диапазоне $1690-2400^\circ\text{C}$. Метафосфат лития хорошо смешивается при сплавлении со многими

окислами и солями, при этом значительно снижается температура плавления смеси. Выбор метафосфата лития в качестве основного компонента также обусловлен как большими значениями сечения захвата тепловых нейтронов атомами лития и отсутствием в составе матрицы атомов тяжелых элементов, так и возможностью формирования непосредственно в стеклоуглеродных тиглях однородных, оптически прозрачных стекол объемом с идеальной рабочей поверхностью, практически не нуждающихся в механической обработке. В качестве основы использовали смесь оксидов: $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$ с добавлением фторида кальция.

Для синтеза стекол использовали следующие соединения: LiPO_3 , H_3BO_3 , CaF_2 , CeO_2 , Tb_2O_3 . Все реактивы были квалификации х.ч. или ос.ч. и использовались без дополнительной очистки. Плавление исходной шихты и термическую обработку образцов выполняли в платиновых и стеклоуглеродных тиглях в муфельной печи SNOL 7,2/1300. Были оптимизированы температура и длительность плавления. При температурах выше 900°C происходит полное взаимное растворение компонентов. Гомогенизация расплава достигается тщательным его перемешиванием через одинаковые промежутки времени. Скорость охлаждения расплава выбирали путем варьирования начальной температуры стеклоуглеродного тигля, в котором происходило формирование отливок стекла. Учитывая результаты проведенных исследований, была разработана методика изготовления отливок стекла. Платиновый тигель с зарядом помещается в приготовленном, предварительно нагретую до 800°C муфельную печь, температура была повышена до $900 - 1100^\circ\text{C}$ (в зависимости от концентрации REE) и выдерживали в течение 90 минут. Изготовление синтеза при 900°C позволяет добавлять до 2% масс. РЗЭ, при 1100°C - до 6-8,5 масс. %. Гомогенизация расплава достигалась тщательным его перемешиванием через равные промежутки времени (около 20 минут.). Полученный однородный расплав выливали в нагретый до 200°C стеклоуглеродный тигель и оставляли охлаждаться при комнатной температуре. Готовые образцы стекол представляли собой бесцветные пластины толщиной 3мм.

2.2 Методика исследований

2.2.1 Методика импульсной катодолюминесцентной спектроскопии с наносекундным разрешением по времени

Исследование люминесценции характеристики образцов проводили с использованием импульсного оптического спектрометра, основанный на ускорителе электронов ГИН-600. Переключение спектрометр позволяет проводить измерения спектральных и кинетических параметров люминесценции оптических материалов после возбуждения СЭП или лазерных импульсов, а также последовательного электронного и лазерного возбуждения.

Возбуждение материала происходит в вакууме при остаточном давлении газа $4,10\text{Па}$ Технические возможности спектрометра спектральный диапазон измерений - $200 - 1200\text{нм}$. временное разрешение - 7нс ; Диапазон измерения температуры - $12,5 - 700\text{К}$; длительность импульса тока электронов - $2-10\text{нс}$; плотности тока электронного пучка - $0,1 - 1000\text{А/см}^2$; максимальная энергия электронов - 400кэВ , среднее - $0,25\text{МэВ}$.

В качестве источника возбуждения кристалла импульсного ускорителя электронов использовалось прямое действие. Ускоритель устройство подробно описано в [52]. Ускоритель состоит из еля, собранного по схеме Аркадьева-Маркса, вакуумный диод, источник питания и пульта дистанционного управления. Ускоренные в между катодом и анодом электронов через металлическую сетку выхода анода к криостата и образец облучается. Рассеяние электронов, необходимых для равномерного облучения образцов достигается за счет размещения на пути луча алюминиевой фольги с толщиной около 30 мкм . Изменение флюенса электронов в широком диапазоне осуществляется с помощью набора, расположенную на пути луча калиброванных диафрагм.

Общий вид спектрометра показан на рис.8. Исследовать образец(4) обычно с размерами в виде плоской пластинки помещается в пазы медного кристаллодержателя и прижимается к полированной поверхности. Образец

облучается электронным пучком ускорителя (1) через прикрепленные к экранам и держателю тонкие алюминиевые фольги. Свет от образца (4) с помощью системы кварцевых линз (5) фокусируется на входную щель монохроматора (6). Излучение, прошедшее через монохроматор (6), регистрируется ФЭУ (7). Электрический сигнал с ФЭУ подается на цифровой осциллограф (10).

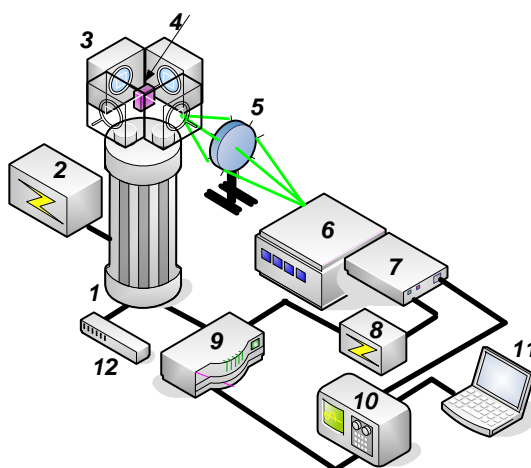


Рисунок 8. Схема импульсного оптического спектрометра 1– импульсный наносекундный сильноточный ускоритель электронов; 2 – блок питания ускорителя; 3- измерительная камера; 4 - исследуемый образец; 5 – линзовая система; 6 – монохроматор; 7– фотоэлектронный умножитель; 8- блок питания фотоэлектронного умножителя; 9- генератор импульсов ГИ-1 10– осциллограф; 11 – ПК; 12 - пульт управления

Срабатывать блок спектрометра происходит в следующей последовательности. С пульта управления (12) производится включение блока питания ускорителя (2). Когда достигнута заданная зарядная напряженность на ступенях ГИНа с блока питания выдаётся импульс на запуск многоканального генератора импульсов ГИ-1 (9). Генератор запускает ускоритель электронов (1). Регулировка задержек управляющих импульсов с ГИ-1 позволяет включать все элементы спектрометра в любой последовательности.

Спектры люминесценции выздоревших изменения формы сигнала интенсивности света $I(t)$ образцов с течением времени при различных длинах волн, после облучения одним импульсом электронов. Измеренные кинетики затухания оцифровывается и проанализированы. Обработка

экспериментальных данных проводилась в пакете программного обеспечения Origin Pro 8.0.

При измерении сигналов с записью наносекундных фронтов входного сопротивления устройства (осциллографом), должно соответствовать волновому сопротивлению соединительных кабелей и разъемов, т.е. необходимо применение низкоомных согласующих сопротивлений ($\approx 50\text{Ом}$). Напряжение, подаваемое на фотоумножитель импульса регулируется в пределах 1-2кВ. Линейность ФЭУ регулировали путем изменения анодного тока в сравнении с катодной подсветкой. Регистрация кинетики затухания люминесценции в диапазоне времен $10^{-5} - 10^{-1}\text{с}$, проводилась с помощью ФЭУ, запитываемых постоянным напряжением.

Калибровка измерительного тракта производилась по методике, подробно описанной в [53, 54], используя стандартные источники света (лампы ТРШ-2850 в видимом диапазоне, ДДС - в ультрафиолетовой области спектра). Все измеренные спектры скорректированы для спектральной чувствительности измерительного тракта

Погрешность измерения свечения во многом зависит от нестабильности параметров электронного пучка, распространение которого составляет 5-10%. Определенное влияние оказывает высокочастотный шум приборов и акселератора. Для того чтобы уменьшить систематические ошибки, во-первых, мы выбираем оптимальные режимы экспозиции и записи во-вторых, применяются свинцовые пластины защитного экранирования. Для того, чтобы уменьшить величину случайной ошибки, вызванной в основном параметрами СЭП неустойчивости используются статистические методы. Так, при трехкратном измерении одной и той же величины (интенсивности свечения, оптической плотности и др.) ошибка измерения уменьшается до 6% (с доверительной вероятностью 0,9).

Параметры кинетики затухания определялись из анализа зависимости $I(t)$. Проводился анализ кинетики на порядок (кинетика первого порядка – экспоненциальная, второго порядка, как правило, гиперболическая). Многокомпонентные кинетики разлагались на элементарные составляющие и определялись параметры затухания каждой. Анализ ошибки в определении

параметров кинетики с использованием применяемой в данной работе методики был проведен в [55], погрешность составляет около 10%.

2.2.2 Регистрация спектров ИКЛ на основе оптоволоконного спектрометра AvaSpec

Регистрация интегральных спектров свечения ИКЛ выполнялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-2048. Измерительный модуль AvaSpec-2048 высокого чувствительного спектрофотометра построен на основе AvaBench-75 платформы с симметричной оптической скамьей Черни-Тёрнера и 2048 элементной CCD детекторной матрицы, работающей в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм с обратной линейной дисперсией 1,2 нм/мм.

Измерять интегральных спектров свечения при импульсном электронном возбуждении осуществлялось в следующей последовательности (рисунок 9):

1. После установки образца (4) в держателе, удаления воздуха из измерительной камеры (3) получают, начиная ускоритель (1).

2. Непосредственно перед выходным окошком измерительной камеры на оптической оси, располагается кварцевое оптоволоконно (5) которое с помощью SMA стандартного коннектора соединено с входным разъемом спектрометра AvaSpec 2048.

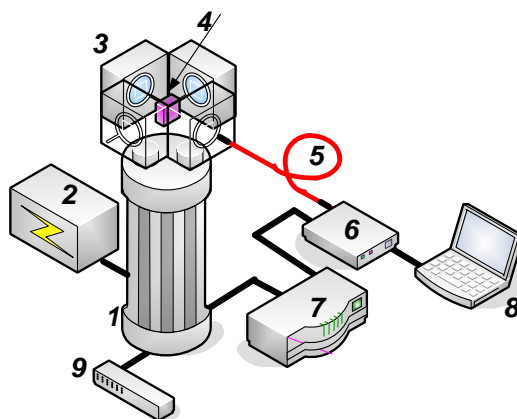


Рисунок 9. Блок схема установки для измерений интегральных спектров «за один импульс»: 1– импульсный наносекундный сильноточный ускоритель электронов; 2 – блок питания ускорителя; 3 – измерительная камера; 4 – исследуемый образец; 5 – кварцевое оптоволоконно; 6 – спектрометр AVANTES AvaSpec 2048; 7 – генератор импульсов ГИ – 1; 8 – ПК; 9 – пульт управления

3. Выполнить спектрофотометра осуществлялся после запуска ускорителя. Синхронизация осуществляется с помощью внешнего генератора импульсов ГИ-1 (7), спектрометр ожидает внешнего импульса запуска и начинает измерение после получения внешнего триггерного сигнала с временной задержкой перед началом сканирований, величина которой определяется пользователем. В данном случае, спектрометр будет был ожидать нового внешнего триггерного импульса для каждого последующего измерения.

4. Импульс ускоренный электронов облучает образцы и в нем накапливается определенное количество поглощающих излучение дефектов (центров окраски), реализуются процессы люминесценции.

5. 5. в предварительно заданном с помощью программного обеспечения «временном окне» (от 1 мс до 60 сек.) регистрирует свечении. В спектрометрах AvaSpec, построенных на основе платформы USB2, реализована возможность задания времени запаздывания начала измерения, относительно момента вспышки источника излучения или импульса лазера. Таким образом, можно установить время запаздывания старта измерения по отношению к внешнему сигналу.

6. 2048-ми элементный профиль спектрального распределения с CCD детекторной матрицы снимается микропроцессорно, управляемой электронной платой спектрофотометра и по интерфейсу USB передаётся в ПК, где с помощью специального программного обеспечения, полученные спектральные данные отображаются в режиме реального времени.

Высокоточных измерений спектральной эмиссии могут быть реализованы, при излучения характеристики исследуемого образца и чувствительность приёмника излучения изменяются незначительно за достаточно длительное время проведения эксперимента.

2.2.3 .Измерения спектров оптического поглощения

Измерить спектр оптического поглощения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра проводились при комнатной температуре. Используется при

измерений полированные плоскопараллельные образцы стекол толщиной 2 мм, наноразмерные кристаллы и раздробленные микрокристаллы вольфрамата цинка в кремний-органической матрице, макрокристаллы. Спектры оптического поглощения регистрировали в диапазоне 195...1000 нм на спектрофотометре УВИ-256 ЛОМО-ФОТОНИКА.

2..2.4 Регистрация стационарных спектров возбуждения и фотолюминесценции

Измеряли спектры люминесценции и возбуждения с использованием двух скрещенных монохроматоров типа (МДР-204). В качестве приемника излучения был выбран (ФЭУ «Hamamatsu» R928). В установке для изучения флуоресценции приемник располагается вне пучка падающего света (обычно под углом 90°) для того чтобы уменьшить его фона. Таким образом, приемник регистрирует только свет, испускаемый исследуемым веществом, а в его отсутствие сигнал равен нулю. Использовала ксеноновая лампа В качестве источника возбуждения (спектральный диапазон 190-3500 нм, OSRAM XBO 150 Вт). После осветителя разместил зеркальный конденсор, который служит для согласования осветителя и монохроматора.

Приведена схема спектрального комплекса на рисунок 10. Измерительный комплекс имея два монохроматора для выделения узких участков спектра как возбуждающего, так и испускаемого света. Управлять сканированием по спектру производилось пультом управления, либо непосредственно задавалось с управляющего ПК.

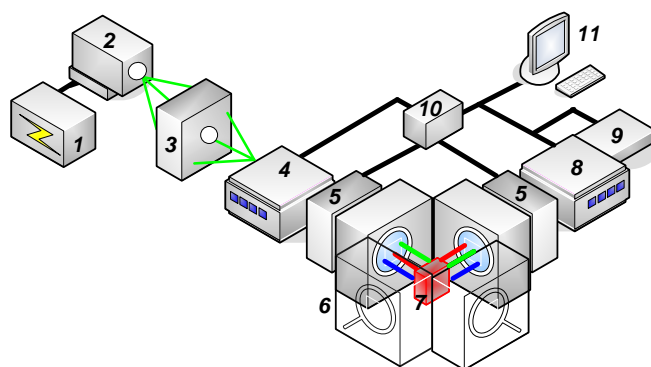


Рисунок 10. Блок схема установки для измерений стационарных спектров люминесценции и возбуждения: 1-блок питания ксеноновой лампы; 2-ксеноновая лампа (OSRAM HBO 150 Вт); 3-зеркальный конденсор ЗРК-150; 4 – монохроматор возбуждения (МДР-204); 5- турель светофильтров; 6 – камера; 7 – исследуемый образец; 8-монохроматор регистрации (МДР 204); 9-ФЭУ «Hamamatsu R928»; 10 – блок управления монохроматорами; 11- ПК.

Значение текущей длины волны отображается на встроенном дисплее монохроматора. Встроенный микропроцессорный контроллер обеспечивает управление двумя дополнительными шаговыми двигателями, а также приема и обработки сигналов от внешнего детектора излучения. монохроматор устройство обеспечивает возможность подключения непосредственно к монохроматора внешнего ПК через последовательный порт RS232 для управления и регистрации спектров. для работы с внешним компьютером с помощью программного обеспечения, работающего в среде MS Windows 9X/NT, позволяющее в режиме реального времени отображать и сохранять спектры.

После того, как выходной щели монохроматора возбуждения и перед входной щелью монохроматора регистрации располагалась турель светофильтров. Смена фильтров осуществлялась автоматически с помощью ПК. Первичный фильтр используется для выбора длины волны, соответствующих спектру поглощения исследуемых веществ. Вторичный спектральный фильтр используется, чтобы исключить любое излучение, которое испускается не исследуемым веществом, — так называемый метод скрещенных фильтров. Наличие диафрагмы связано с необходимостью выделения одинаковых участков поверхности исследуемых веществ.

Выводы по главе 2

- Получил серии сцинтилляционных стекол активированных ионами РЗИ: Се, Ть. Эти образцы характеризуются однородностью элементного состава и отсутствием существенных механических напряжений.
- На базе оптоволоконного спектрометра и ускорителя электронов о была реализована система измерения интегральных спектров люминесценции «за импульс», позволяющая достаточно быстро извлекать аналитическую информацию об исследуемом образце, но без временного разрешения.
- Метод измерения спектральных и кинетических характеристик люминесценции с временным разрешением на базе ускорителя электронов, позволяющая исследовать динамику релаксации люминесценции и процессы передачи энергии электронного возбуждения.

3 Экспериментальные результаты и их обсуждение

3.1 Оптические свойства стёкол легированных Tb³⁺/Ce³⁺ с различной концентрацией Ce³⁺

Спектры оптического пропускания стекол показаны на рис. 11. Повышение концентрации ионов церия приводит к некоторому смещению границ передачи на более длинных волнах (рис. 11а). В образцах видимой области прозрачных - коэффициент пропускания составляет примерно 90%. Подобный сдвиг наблюдается в оксифлюоридных алюмосиликатных стеклах [56], фосфат-флюоридных стеклах [14]. Это явление связано с межконфигурационными переходами в ионе Ce³⁺ 4f → 5d.

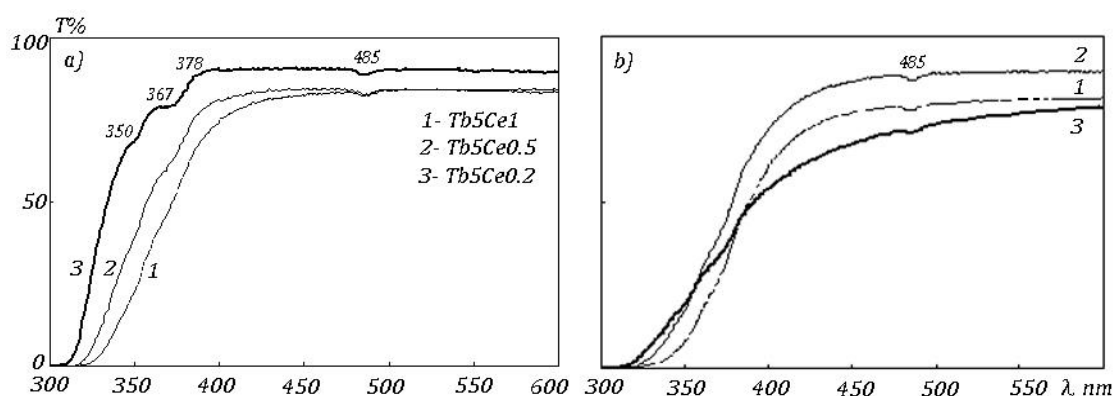


Рисунок 11. Спектры оптического пропускания LBPC:Tb,Ce стекла (а) с различным концентрации ионов Ce³⁺;

(б) Облученные стекла серией импульсов (100 импульсов) плотность возбуждения 69 мДж/см²

В образце с концентрацией церия 0.2 масс.% в спектре пропускания регистрируются слабые пики поглощения (weak absorption peak) с максимумами 350, 367, 378, 485 нм связанных, по всей видимости, с f-f переходами в ионе тербия [4]. Коэффициент пропускания на 350 нм равен ~70%. Пик поглощения на 485 нм регистрируется в образцах, независимо от концентрации церия (рис.11). После облучения серией электронных импульсов (~100 импульсов) в спектре пропускания стекла LBPC: Tb5Ce0.2 наблюдается

уменьшение коэффициента пропускания, особенно значительное в УФ области (τ в области 400 нм уменьшается почти в 2 раза). Кроме того, пики поглощения в области 350-378 нм являются менее выраженными в облученных образцах, при этом пик на 485 нм, регистрируется в спектре поглощения (рис. 11,b). Установлено также, что при электронном облучении наиболее чувствительны к изменению оптических свойств образцы с наименьшей концентрацией церия.

Изучены спектры возбуждения стекол легированных ионами тербия и церия с разной концентрацией церия, на рисунках 12-16 показаны спектры возбуждения наиболее интенсивных полос.

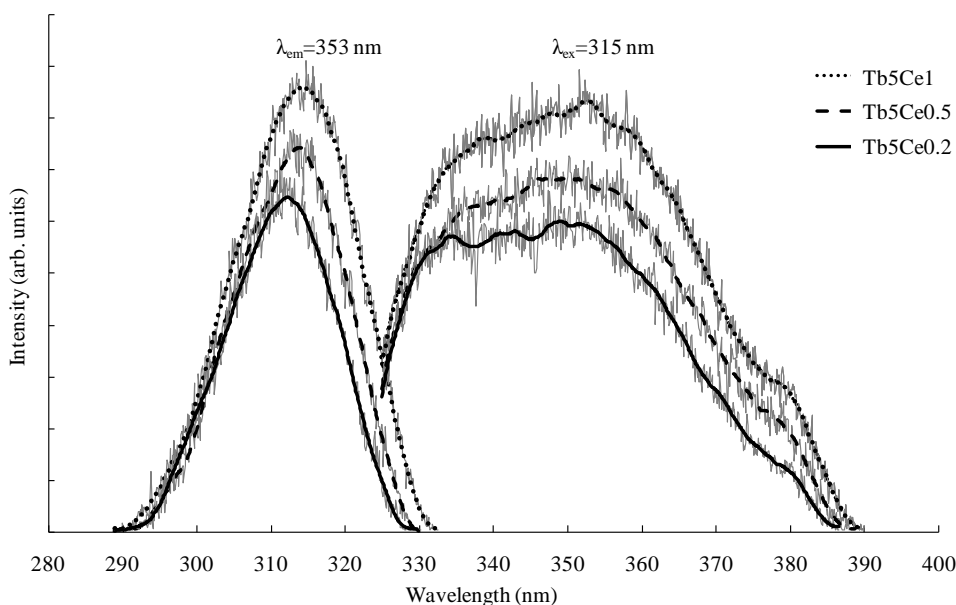


Рисунок – 12 Спектры возбуждения ФЛ в полосе с максимумом на 353 нм и спектры ФЛ при возбуждении монохроматическим светом с длиной волны 315нм стекло с различным содержанием церия

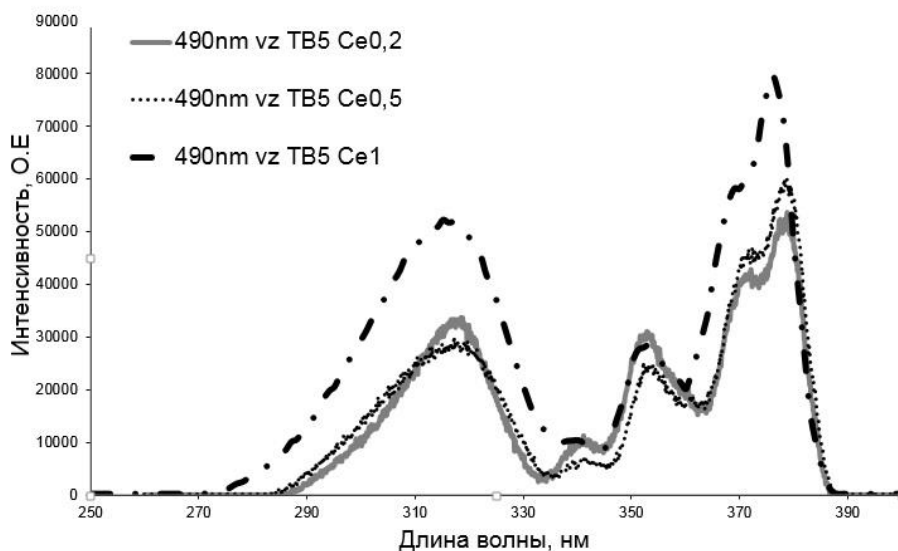


Рисунок 13 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 490 нм

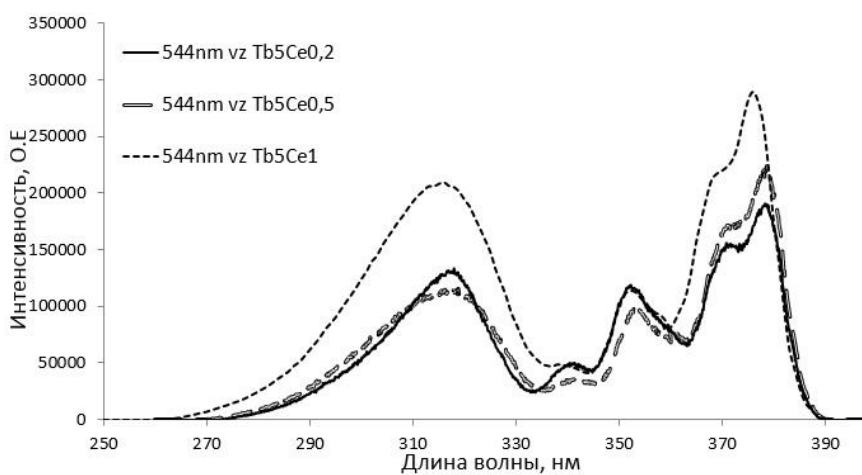


Рисунок 14 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 544 нм

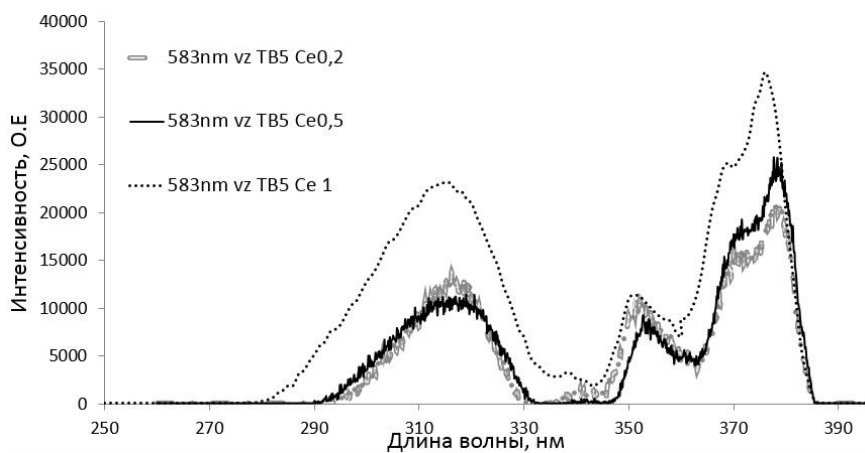


Рисунок 15 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 583 нм

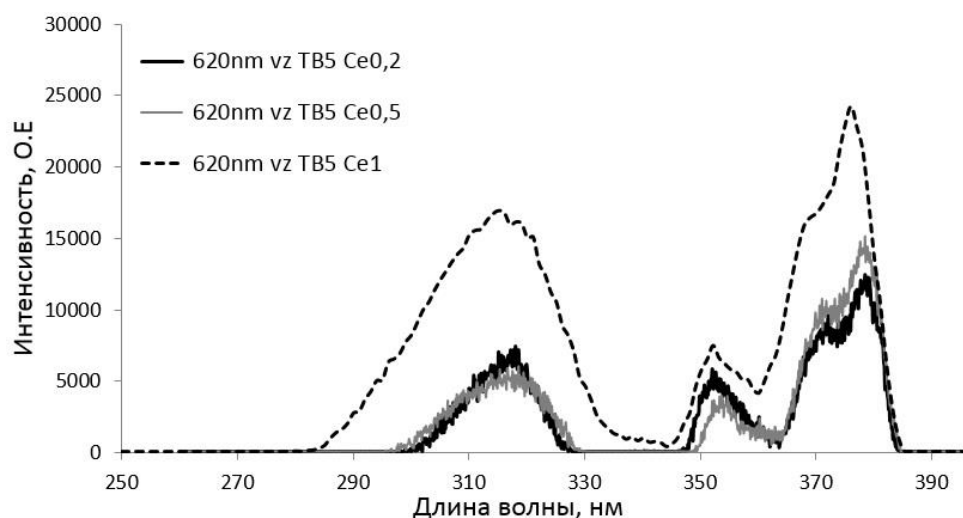


Рисунок 16 – Спектр возбуждения полосы люминесценции в области 620 нм

В спектральном диапазоне 285 - 335 нм регистрирует широкую полосу в спектре возбуждения, с максимумом на 315 нм, что соответствует переходам из основного состояния, $^2F_{5/2}$, в ионе (4f) к различным компонентам возбужденного 5d состояния в ионе Ce^{3+} .

Полосы в спектре возбуждения с максимумами 340, 353, 371, 378 нм соответствуют переходам в ионе тербия [55]. Как можно видеть, с ростом концентрации церия, в основном наблюдается рост интенсивности полос возбуждения во всех исследованных полосах. Однако, соотношение полос в спектре возбуждения может быть различным. Для полосы 490 и 544 нм характерным является уменьшение интенсивности полосы с $\lambda=355$ нм с увеличением количества церия по отношению с другими полосами в спектре. Это свидетельствует об участии ионов церия в процессе возбуждения ионов тербия и изменении механизмов возбуждения при увеличении количества церия в образцах.

3.2 Фотолюминесценция фосфатных стекол легированных Tb^{3+}/Ce^{3+}

Максимальная интенсивность фотолюминесценции образца $Tb_5Ce_{0.2}$ осуществляется при возбуждении на 377 нм. Спектр люминесценции образцов стекол легированных церием при возбуждении 317, 349, 354, 395 нм состоит из нескольких интенсивных полос в области 490, 544, 585, 620 нм с максимумом

интенсивности на 544 нм соответствующим излучательным переходам в ионе Tb^{3+} ${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$, ${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_5$, ${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_4$, ${}^5D_4 \rightarrow {}^7F_3$.

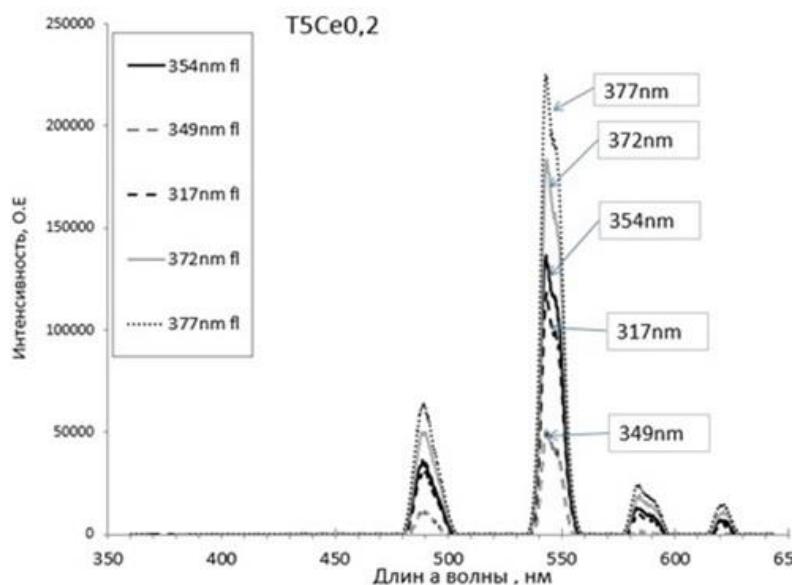


Рисунок – 17 Фотолюминесценция образцов стекол содержащих ионы Tb, Ce в зависимости от длины волны возбуждающего света

В спектрах ИКЛ (рисунок - 18) образцов стекла, измеренных на спектрофотометре, наблюдаются полосы свечения Tb. Причем для полос характерен рост интенсивности свечения тербия по всему спектру при увеличении концентрации ионов церия.

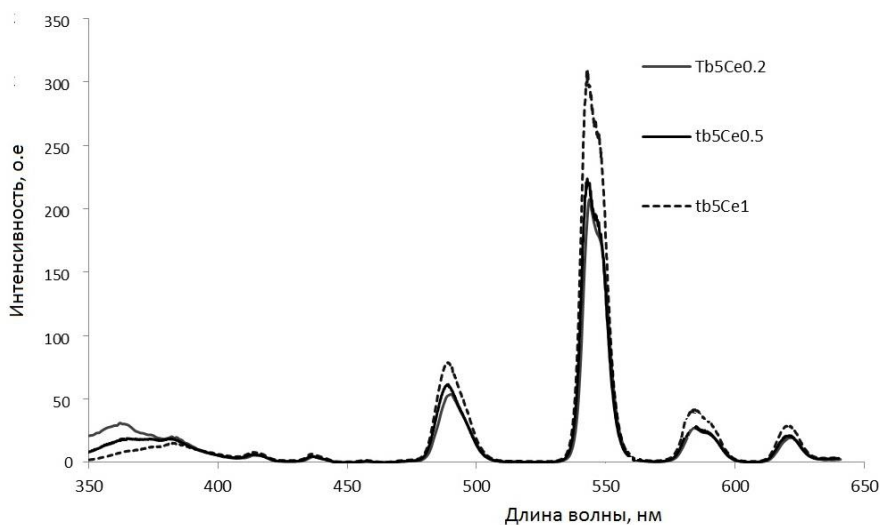


Рисунок 18 – Спектры фотолюминесценции стёкол серии Tb/Ce

3.3 Импульсная катодолюминесценция стекол легированных Tb³⁺/Ce³⁺

При воздействии на стекло сильнооточного электронного пучка визуально наблюдается яркое зеленоватое свечение характерное для всех образцов. В спектре образцов Tb1, измеренном через 50 мкс после окончания импульса возбуждения регистрируется ряд полос, соответствующих переходам в ионе Tb³⁺ с уровней ⁵D₃ и ⁵D₄: 620 нм (⁵D₄→⁷F₃), 588 нм (⁵D₄→⁷F₄), 545 нм (⁵D₄→⁷F₅), 490 нм (⁵D₄→⁷F₆), 437 нм (⁵D₃→⁷F₄), 414 нм (⁵D₃→⁷F₅), 380 нм (⁵D₃→⁷F₆) (рисунок - 19,а, Tb1).

В спектре образцов стекла Ce1, активированных только церием, наблюдается широкая полоса свечения в УФ области спектра с максимумом в области 360 нм (рисунок - 19, а, Ce1). Как было установлено, для церия характерно коротковременное свечение, спектр был измерен через 50 нс после воздействия электронного импульса.

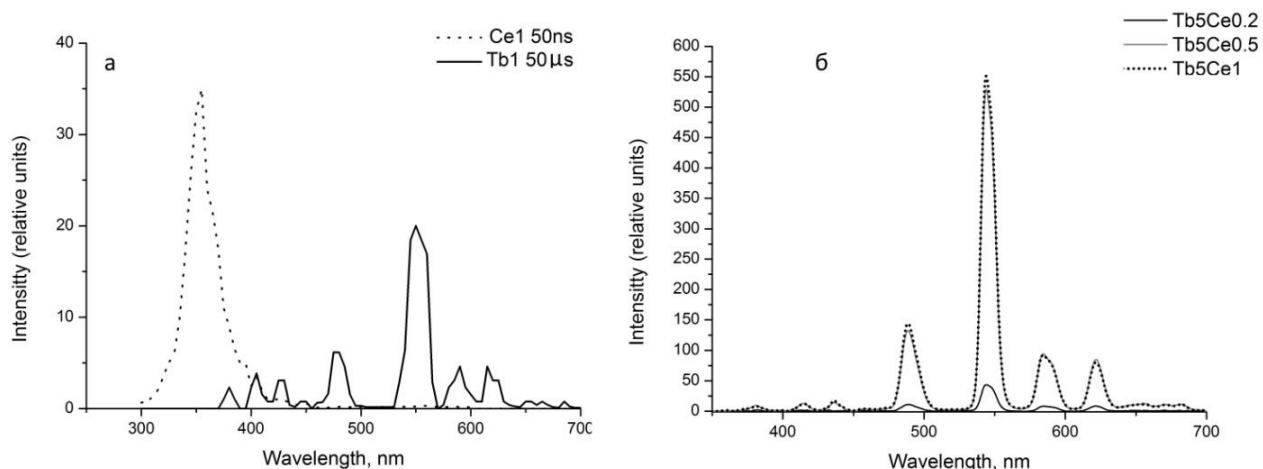


Рисунок – 19, а - Спектры стёкол активированных ионами Ce³⁺ измеренный через 50 нс окончания прекращения возбуждения, и активированных Tb³⁺ измеренный через 50 мкс. б - интегральный спектр стекол активированных Tb³⁺/Ce³⁺ с различной концентрацией Ce³⁺

В спектре люминесценции образцов стекол, активированных ионами Tb/Ce присутствуют полосы как церия, так и тербия. В начальный момент после

возбуждения амплитуда вспышки в УФ области существенно превышает интенсивность свечения в видимой области спектра (см. рисунок 20).

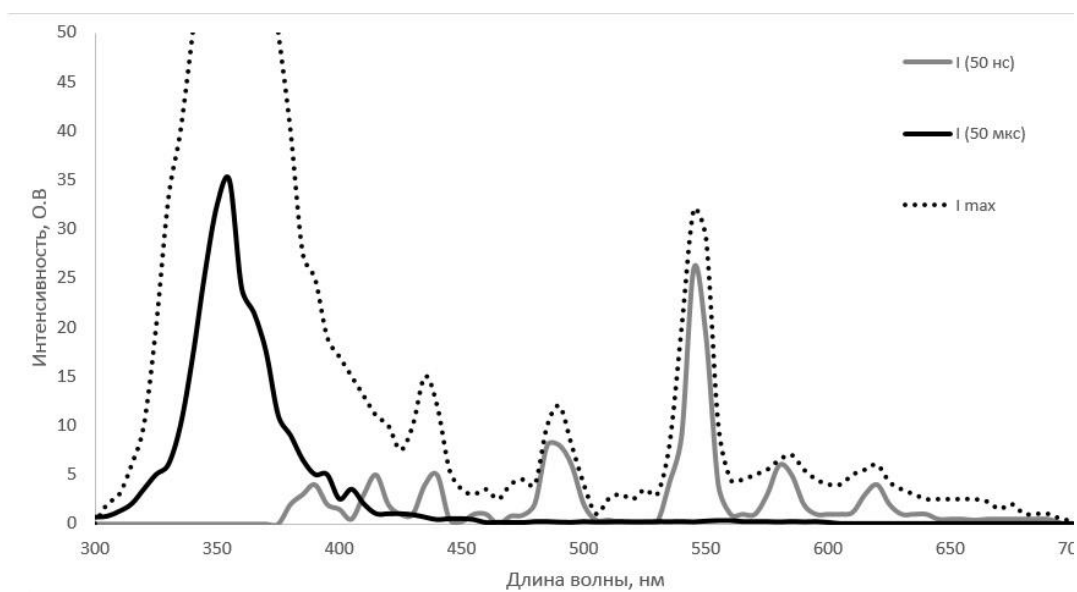


Рисунок 20 – Спектры стёкол серии Tb₅Ce_{0,2} измеренный через 50 нс и 50 мкс прекращения возбуждения

В спектре свечения образцов активированных Tb/Ce, измеренных в режиме интегрирования сигнала по времени, регистрируются полосы свечения иона Tb³⁺ (рисунок – 19,б). Установлено, что увеличение содержания церия приводит к увеличению интенсивности свечения ионов тербия по всему спектру. Амплитуда сигнала возрастает примерно в десять раз при росте концентрации церия от 0,2 до 1 %.

Было установлено, что излучение церий ответственных переходов 5d нижние - уровни ионов Ce³⁺, чтобы разделить спин-орбитальное взаимодействие ²F_{5/2} и ²F_{7/2} уровни основной конфигурации [15, 16].

Для стекол серии Tb³⁺ /Ce³⁺ характерна интересная особенность, полосы излучения Tb³⁺ и Ce³⁺ перекрываются в области λ=380 нм. Было изучено влияние церия на кинетику затухания свечения тербия в области 380 нм.

3.4 Влияние концентрации церия на оптические и спектрально-кинетические характеристики люминесценции стекол, активированных ионами Tb³⁺/Ce³⁺.

На рисунке – 21 показана кинетика затухания в полосе 350 нм, при возбуждении азотным лазером 337,3 нм. Для всех образцов τ длинно временного компонента 30 - 40 нс.

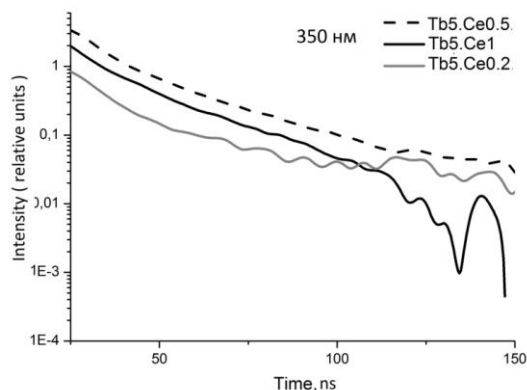


Рисунок – 21 Кинетики затухания фотолюминесценции стекол активированных Tb/Ce в полосе 350 nm, при возбуждении азотным лазером 337,7 нм

Для образца Tb5Ce0.5 характерно наличие коротковременного компонента во всех полосах свечения тербия (см.рисунок – 22,б). Время затухание длинно временного компонента в полосах на длине волны 490, 544, 588, 620 нм, соответствующих излучательным переходам в ионе Tb³⁺ составляет 2,8 мс. Для образцов Tb5Ce0,2 и Tb5Ce1 кинетики в области 490, 544, 588, 620 нм описывается моно экспонентой τ которой ~3 мс. (см.рисунок – 22,б.).

Характерным для стекол серии Tb/Ce является наличие полосы свечения в области 436 нм. Данная полоса обусловлена излучательным переходом с ⁵D₃ (см. рисунок – 22, а) τ длинновременной стадии составляет ~ 0,3 мс. В таблице – 3 приведены времена затухания фотолюминесценции наиболее интенсивных полос для всех образцов стекол серии Tb/Ce. Кинетика затухания в данной полосе кардинально отличается от характера затухания в большинстве полос. В полосе на 436 нм наблюдается интенсивный «быстрый» компонент свечения.

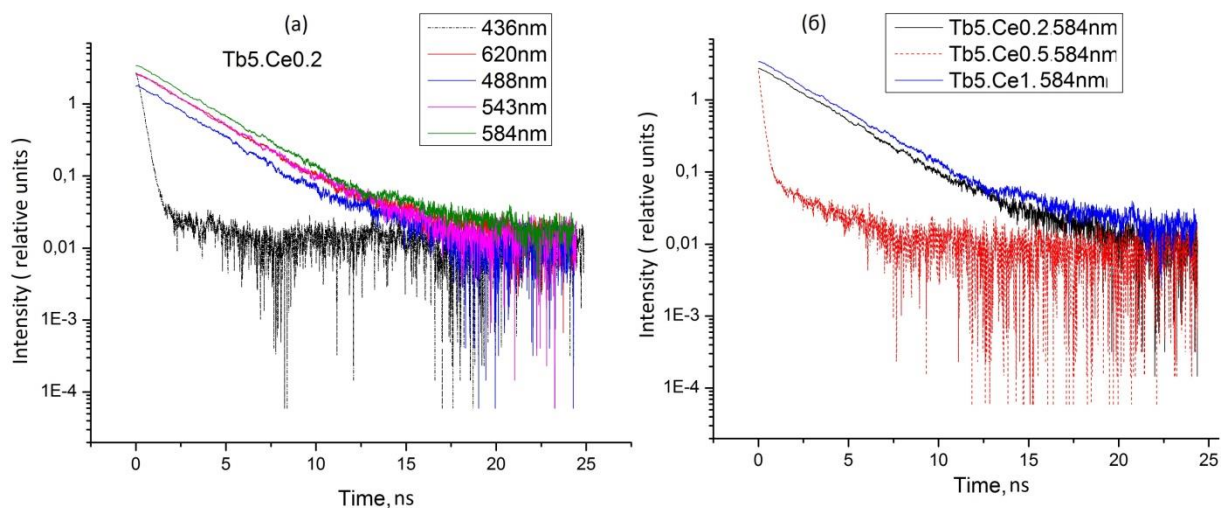


Рисунок – 22 Кинетики затухания люминесценции стекол активированных Tb/Ce а – в полосах свечения Tb³⁺ образца Tb5Ce0.2 б – в полосе свечения 584 нм для всех образцов

Таблица – 3 Времена затухания фотодолюминесценции образцов легированных Tb/Ce.

Длина волны	Tb5Ce0.2			Tb5Ce0.5			Tb5Ce1		
	τ (нс)	τ (мкс)	τ(мс)	τ (нс)	τ (мкс)	τ(мс)	τ (нс)	τ (мкс)	τ (мс)
380nm	~45	~0,013	–	~33	~0,012	–	~33	~0,012	–
436nm	–	–	0,3	–	–	0,25	–	–	0,23
488nm	–	–	3	–	168	2,8	–	–	3
543nm	–	–	3	–	185	2,8	–	–	3
584nm	–	–	3	–	192	2,4	–	–	3
620nm	–	–	3	–	197	3,7	–	–	3

Кинетика была исследована в нано и микросекундном диапазонах (рисунок - 23, а, б).

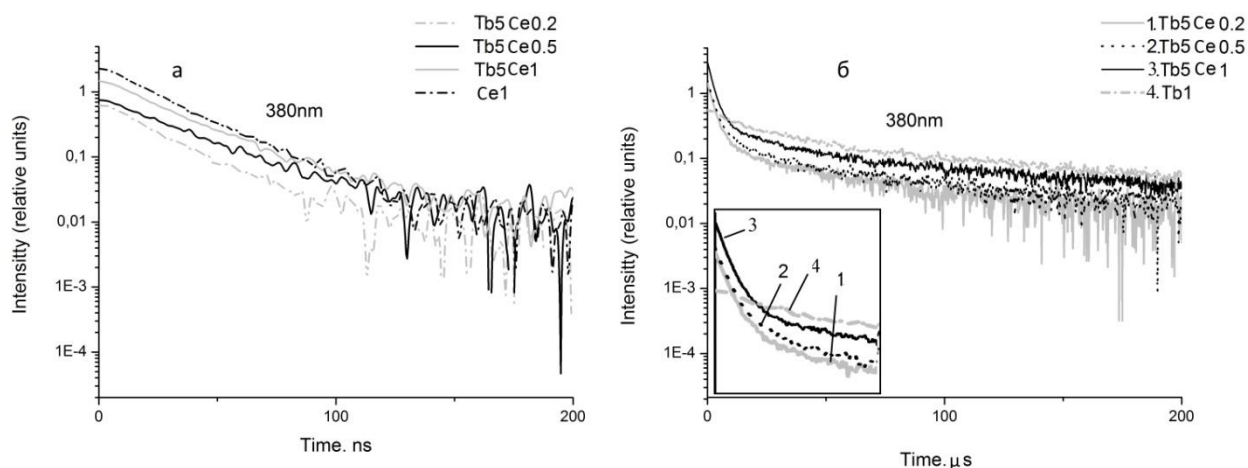


Рисунок 23 – Кинетики затухания свечения легированных Tb/Ce в полосе 380 нм в диапазоне: а – в наносекундном, б – микросекундном.

Наносекундная составляющая кинетики люминесценции, соответствующая свечению иона церия (как показано на рисунке - 23,а) не зависит от концентрации ионов Ce^{3+} . Время затухания свечения τ составляет ~ 28 нс для всех исследованных образцов. Длинновременной компонент затухания в области 380 нм обусловлен свечением ионов тербия (переход $^5\text{D}_3 \rightarrow ^7\text{F}_6$). Кинетика люминесценции для образцов Tb5Ce0,2; Tb5Ce0,5; Tb5Ce1 в этом интервале удовлетворительно описывается суммой двух экспоненциальных компонент с временами затухания 2,5 и 48 мкс. Наличие церия в составе стекла существенно влияет на начальную стадию кинетики (рисунок – 23, б, вставка), в кинетике присутствует коротковременной компонент затухания. В кинетике свечения образца Tb1 быстрозатухающая стадия отсутствует.

Было обнаружено, что в полосах свечения ионов тербия $\lambda=543$ нм (рисунок - 24,а) и $\lambda=585$ нм (рисунок - 24,б), соответствующих переходам с уровня $^5\text{D}_4$, наблюдается изменение кинетики затухания при увеличении количества церия в образцах. Время затухания свечения увеличивается от 1 до 2 мс с ростом концентрации Ce^{3+} . Кинетика люминесценции образца Tb1 по характеру подобна образцам, активированных двумя типами ионов.

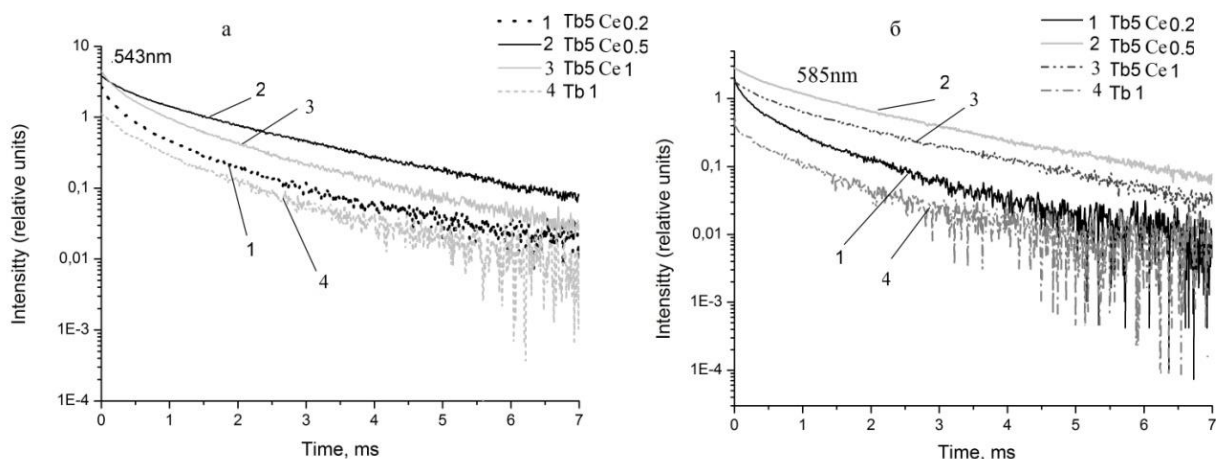


Рисунок 24 – Кинетики затухания люминесценции стекол активированных Tb/Ce в полосе: а – 543, б – 585 нм.

Для всех образцов легированных Tb/Ce, τ в интенсивных полосах показаны в таблице – 4.

Таблица – 4 Времена затухания катодолюминесценции образцов легированных Tb/Ce.

	Tb5Ce0.2			Tb5Ce0.5			Tb5Ce1		
	τ (нс)	τ (мкс)	τ (мс)	τ (нс)	τ (мкс)	τ (мс)	τ (нс)	τ (мкс)	τ (мс)
380nm	~23	~50	–	~26	~49	–	~25	~48	–
432nm	–	80	0,01	–	83	0,01	–	80	0,01
454nm	–	75	0,01	–	76	0,01	–	80	0,01
489nm	–	~152	1	–	~330	2	–	200	1,4
543nm	–	~195	1,1	–	~300	1,8	–	~225	1,3
585nm	–	~168	1	–	~400	2	–	~370	1,8
622nm	–	~242	1,4	–	~230	1,7	–	~130	1,2

С ростом концентрации Ce^{3+} в образцах стекла наблюдается увеличивается интенсивности свечения ионов тербия и изменение характера кинетики люминесценции ионов Tb^{3+} . Установлено наличие взаимодействия между ионами тербия и церия в литий-фосфат-боратных стеклах, осуществляющиеся за счет возможного энергетического перехода (${}^5\text{D}_{5/2} \rightarrow 5\text{d}$) (см. рисунок - 25).

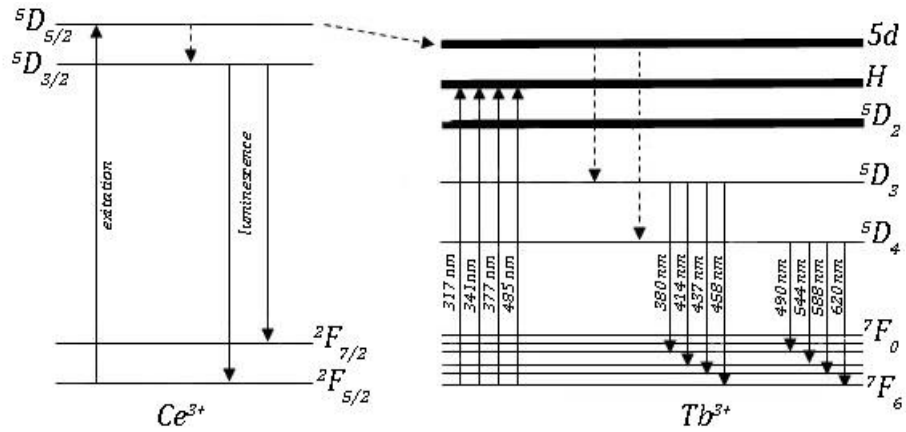


Рисунок 25 – Энергетическая диаграмма энергетических переходов

Было обнаружено, что в полосах свечения ионов церия $\lambda=350$ нм (рисунок - 26,а,б,в) при увеличении плотности возбуждения для всех образцов увеличивается интенсивность однако не наблюдается изменение кинетики затухания.

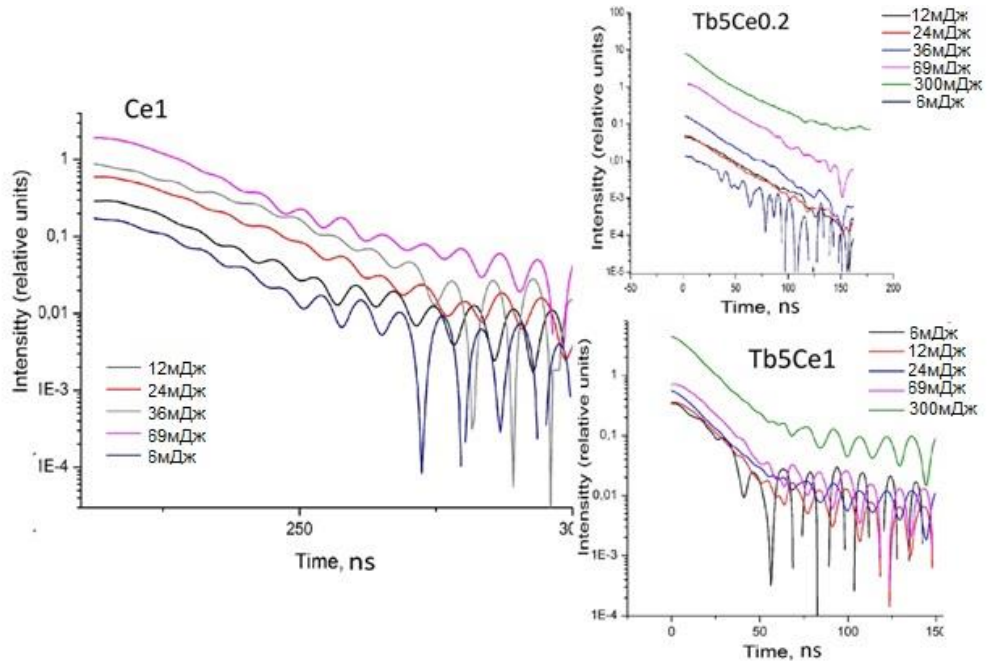


Рисунок 26 – Кинетики затухания люминесценции стекол активированных Tb/Се в полосе 350 нм при изменении плотности возбуждения полосе от 6 – 100мДж/см²

Выводы:

По результатам исследования оптических и люминесцентных свойств литий-фосфат-борат-флюоридных стекол, активированных Tb, Ce можно сделать следующие выводы:

- При возбуждении электронным пучком в ионе тербия возбуждаются переходы с 5D_3 и 5D_4 уровней. При возбуждении УФ с $\lambda=315$ нм осуществляются излучательные переходы только с 5D_4 .

- Показана эволюция спектра свечения образцов стекла Tb,Ce со временем после возбуждения. В начальный момент после воздействия электронным пучком, доминирующим является свечение в УФ области ($\lambda_{\max}=315$ нм), связанное с ионами церия. В микросекундном диапазоне наиболее интенсивна полоса свечения тербия в «зеленой» области. Кроме того, в спектре проявляются серия полос свечения, обусловленных излучательными переходами с 5D_3 и 5D_4 уровней.

- Обнаружено, что с ростом количества ионов церия увеличивается интенсивность возбуждения в полосе 317 нм и уменьшается в спектральной области 340-380 нм. УФ полоса возбуждения совпадает с полосой возбуждения ионов церия.

- Увеличение концентрации ионов церия приводит к изменению кинетики затухания люминесценции в полосах 488, 543, 584 нм, соответствующих излучательным переходам с возбужденного уровня в ионе тербия 5D_4 . Время затухания увеличивается от 1,6 до 2,4 мс. При этом кинетика люминесценции переходов 5D_3 меняется незначительно, $\tau \sim 140$ мкс.

- Наблюдается увеличение степени экспоненциальности кинетики затухания люминесценции тербия при увеличении концентрации ионов церия в исследуемом временном диапазоне.

- С ростом концентрации ионов церия от 0,2 до 1 мол.% происходит рост интенсивности люминесценции тербия, и рост интенсивности церия. Этот факт может свидетельствовать о безызлучательном характере процесса передачи энергии от церия к тербию.

Процесс свечения ионов церия носит внутрицентровой характер, т.к. кинетика затухания люминесценции церия не зависит от концентрации церия в образцах стекла в пределах исследованных концентраций, не зависит от плотности энергии возбуждения. Время затухания составляет ~ 30 нс при электронном возбуждении

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы работы включают в себя следующее:

1. Исследованы спектральные и кинетические характеристики стекол $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ активированных РЗИ при импульсном электронном возбуждении.

- Мы изучали закономерности концентрации коактиватором на спектральные и кинетические характеристики свечения трех серий образцов, легированных тербия и церий;

- установлено, что ионы церия увеличивают эффективность люминесценции тербия. Наблюдается эффект сенсбилизации люминесценции тербия.

Показано, что путем подбора соактиватора можно варьировать длительность вспышки свечения редкоземельных ионов.

- предложена модель переноса энергии возбуждения между ионами церия и тербия. Доказано, что перенос возбуждения осуществляется с верхних возбужденных уровней иона церия без участия в процессе излучательного уровня церия $^5\text{D}_{3/2}$,

Исследованы кинетики затухания при различных типах возбуждения. Показано, что во многих случаях время затухания при использовании фото-возбуждения более длительное, чем при возбуждении электронным пучком.

Полученные закономерности могут быть использованы для построения адекватных теоретических моделей процессов переноса энергии возбуждения в твердых телах; для оптимизации условий возбуждения в различного рода методиках люминесцентного анализа; при разработке эффективных излучающих кристаллических и стеклообразных материалов, активированных РЗИ в целях подбора оптимального концентрационного состава активаторов и соактиваторов для сцинтилляторов, лазерных материалов, люминофоров.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНИНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО		
4ВМ4Б	ЛюЦун		
Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Тема: Исследование люминесценции литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb³⁺ и Ce³⁺

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Иерархическая структура работ проекта 2. Диаграмма Ганта 3. Бюджет проекта	
Дата выдачи задания по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Надежда Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Лю Цун		

4. Фининсовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом исследования настоящей работы являются люминесцентных стекла композитов активированных редкоземельных ионов. Исследовали импульсную фотолюминесценцию композитов литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb^{3+} и Ce^{3+} , выращенных различными производителями. Потенциальным потребителем результатов исследования является НИИ ПП г. Томск.

Перспективность проделанного исследования выше среднего.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, плазменного метода переработки и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ.

Таблица 5 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	C1. Наличие бюджетного финансирования. C2. Наличие опытного руководителя C3. Использование современного оборудования C4. Наличие современного программного продукта C5. Актуальность проекта	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Высокая стоимость оборудования Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.

<p>В1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4.Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>- Возможно, создать партнерские отношения с рядом ведущих вузов для совместных исследования в области лазерной обработки деталей;</p> <p>-При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами.</p>	<p>-Снижение цен на лазерные технологии;</p> <p>- Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.</p>
<p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства .</p> <p>У3.Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.</p>	<p>- Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.</p>	<p>- Расширение области применения за счет развития новых технологий.</p>

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

Таблица 6 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	0	-	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С2С3С4С5, В2В4С1С2С3С4С5, В3С1С2С3С4С5, В3С3С4С5.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	+	-	+
	В3	+	0	-
	В4	+	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В2Сл1Сл3, В3В4Сл1.

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У1С4С5, У4С3С4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	-	+	-
	У3	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего.

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы имеет следующую структуру:

1. *Цели и результат проекта.* В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

В таблице 10 приведена информация о заинтересованных сторонах проекта.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Исполнитель (магистрант) и научный руководитель	исследование оптических и спектрально-люминесцентных характеристик литий-фосфат-борат-флюоридных сцинтилляционных стекол, активированных Tb ³⁺ /Ce ³⁺
Университет (ТПУ), выпускающая кафедра (кафедра лазерной и световой техники)	Готовая магистерская диссертация

В таблице 11 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 11 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	исследование оптических и спектрально-люминесцентных характеристик литий-фосфат-борат-флюоридных сцинтилляционных стекол, активированных Tb ³⁺ /Ce ³⁺
Ожидаемые результаты проекта:	Исследование оптических свойств литий-фосфат-боратных стекол активированных Tb ³⁺ /Ce ³⁺ с различной концентрации

	ионов Ce^{3+} ; Исследование спектров возбуждения люминесценции, фотолюминесценции, катодолюминесценции образцов стекол, активированных $\text{Tb}^{3+}/\text{Ce}^{3+}$. В работе исследованы закономерности влияния концентрации соактиватора на спектральные и кинетические характеристики люминесценции трех серий образцов активированных ионами тербия и церия.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Измерить спектральные характеристики

1. *Организационная структура проекта.* Состав рабочей группы научно-исследовательской работы представлен в таблице 12

Таблица 12 – Рабочая группа научно-исследовательской работы

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
Валиев Дамир Талгатович, НИ ТПУ кафедра ЛИСТ, Ассистент	Руководитель НИР (Научный руководитель)	Предоставление заданий; консультации; помощь при проведении экспериментальных исследований; обсуждение результатов.
Лю Цун, НИ ТПУ магистрант группы 4ВМ4Б	Исполнитель НИР (Магистрант)	Проведение экспериментов, обработка результатов, написание пояснительной записки ВКР

1. *Ограничения и допущения проекта.* Ограничения проекта приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Сроки проекта:	
3.1.1. Дата утверждения плана управления проектом	10.02.16
3.1.2. Дата завершения проекта	02.06.16
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограниченное количество образцов для исследования

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. № и рис. № представлены шаблон иерархической структуры работ по проекту и пример ИСР по проекту разработки программного продукта.



Рис.27. иерархической структуры работ по проекту

4.3.2. Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу(табл. 14).

Таблица 14 Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Составление и утверждение темы диссертации	10.02.16	Приказ об утверждении темы диссертации
Изучение литературы по теме	19.03.16	Обзор литературы люминесценция литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺
Изучение экспериментальной методики	03.04.16	Описание методики эксперимента по исследованию
Измерение спектрально-кинетических характеристик люминесценция стекол,	23.04.16	Спектрально-кинетические характеристики люминесценция литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺
Исследование спектральных характеристик люминесценция литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺	30.04.16	фотографии пространственного распределения и фотолюминесценции
Анализ результатов	07.05.16	Готовые спектральные материалы, и их описание

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Линейный график представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала	Дата окончания	Состав участников
------------	----------	-------------------	-------------	----------------	-------------------

(из ИСР)			работ	я работ	
1.1	Составление и утверждение темы диссертации	3	8.02.16	10.02.16	Руководитель
1.2	Анализ актуальности темы	2	12.02.16	13.02.16	Рук.-магис.
2.1	Поиск и изучение материала по теме	3	16.02.16	18.02.16	Рук.-магис.
2.2	Выбор направления исследования	2	19.02.16	20.02.16	Руководитель
2.3	Календарное планирование работ	1	23.02.16	23.02.16	Руководитель
3.1	Изучение литературы по теме	18	02.03.16	19.03.16	магистр
3.2	Подбор нормативных документов	5	22.03.16	26.03.16	магис.-рук.
3.3	Изучение экспериментальной методики	5	30.03.16	03.04.16	магистр
4.1	Измерение спектральнокинетических характеристик стекло	15	09.04.16	23.04.16	магис.-рук.
4.2	Исследование спектральных характеристик люминесценция стекол, активированных Tb ³⁺ и Ce ³⁺	5	26.04.16	30.04.16	магис.-рук.
5.1	Анализ результатов	5	03.05.16	07.05.16	магис.-рук.
5.2	Заключение	3	12.05.16	14.05.16	магистр
<i>Итого:</i>		67			

4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График приведен в таблице 16, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 16 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.			март			апрель			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1.1	Составление и утверждение темы диссертации	Руководитель	3	■												
1.2	Анализ актуальности темы	магис.-рук.	2		■											
2.1	Поиск и изучение материала по теме	магис.-рук.	3			■										
2.2	Выбор направления исследования	Руководитель	2			■										
2.3	Календарное планирование работ	Руководитель	1													
3.1	Изучение литературы по теме	Магистр	18				■	■	■	■						
3.2	Подбор нормативных документов	магис.-рук.	5													
3.3	Изучение экспериментальной методики	Магистр	5													
4.1	Измерение спектрально-кинетических характеристик композитов	магис.-рук.	15													
4.2	Исследование спектральных характеристик системы «синий светодиод/люминофор»	магис.-рук.	5													
5.1	Анализ результатов	магис.-рук.	5													
5.2	Заключение	Магистр	3													

■ – Магистр; ■ – Руководитель.

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{раскi}, \quad (4.5)$$

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

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

C_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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
стекло	4	125	500
Полимерная матрица	20	50	1000
Бумага офисная	150 листов	2	300
Картридж для принтера	1 шт	1000	1000
Интернет	3 месяца	350	1050
Ручка	1 шт.	20	20
Тетрадь	1 шт.	25	25
Всего за материалы			3895
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			195
Итого по статье C_m			4090

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

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В данной работе используется оборудование, приобретенное ранее. Амортизационные отчисления за период использования оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_A = \Phi_n \cdot H_A \cdot T_{об} / F_\phi, \quad (4.1)$$

где Φ_n стоимость оборудования, руб.

H_A - норма амортизации, %.

$T_{об}$ - продолжительность использования оборудования за время проведения НИР, $T_{об}=15 \cdot 8=120$ ч.;

F_ϕ - годовой действительный фонд рабочего времени.

Расчет затрат на спецоборудование для научных работ сведен в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет затрат на спецоборудование для научных работ»

№	Наименование оборудования	Φ_n , руб.
1	Фотоэлектронный умножитель ФЭУ-118	15000
2	Фотоаппарат Sony α500	20000
3	Микроскоп МБС-10	18000
4	Остальная аппаратура	10000
Итого:		63000

Таблица 19 – Расчет величины амортизационных отчислений

№	Наименование оборудования	Φ_n , руб.	H_A , %	$T_{об}$, ч.	F_ϕ , ч.	C_A , руб.
1	Монохроматор МДР-23	180000	11	120	1784	1331,9
2	Осциллограф Tektronix DPO 3034	100000	10,4	120	1784	699,5
3	Ускоритель электронов	150000	10,4	120	1784	1049,3

4	Лазер YAG: Nd	300000	10,4	120	1784	2098,6
Итого:						5179,3

4.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

ТЕМЫ

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Заработная плата занятых выполнением проекта состоит из основной заработной платы и дополнительной заработной платы:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (3)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб} \quad (4)$$

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

T_r – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} \quad (5)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Таблица 20 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих дней		
- выходные дни	-104	-104
- праздничные дни	-10	-10
Потери рабочего времени		
- отпуск	-24	-24
	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	227	227

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * k_p \quad (6)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска). Базовая заработная плата берётся согласно системы оплаты труда в ТПУ. С учетом того, что научный руководитель был занят при разработке 41 день, а магистрант 59 день, была найдена основная заработная плата. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,318	1492,231	41	61181,471
магистрант	8022,65	1,3	10429,445	514,897	59	30378,923
Итого						91560,394

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} \quad (7)$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В данном случае коэффициент дополнительной зарплаты берем равным 15%.

В таблице 22 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 22 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководител ь	Магистран т
Основная зарплата	61181,471	30378,923
Дополнительная зарплата	9177,220	4556,939
Зарплата	70358,692	34935,862
Итого по статье С _{зп}	105294,554	

4.3.4.3 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (8)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), которая составляет 27,1%.

Отчисления во внебюджетный фонд – 28534,842 руб.

4.4.5 Накладныерасходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих

в выполнение темы, в данном случае величина накладных расходов составляет 80%.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Накладные расходы –84235,643руб.

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	4090
Затраты на специальное оборудование для научных	63000
Амортизация на социальные нужды	5179,3
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91560,394
Дополнительная заработная плата	13734,159
Отчисления	28534,824
Прочие накладные расходы	84235,643
Бюджет затрат НИИ	290334,32

4.5 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 финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.1)$$

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).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = 0,8.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4.2)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 24).

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.
1. Надежность	0,2	5
2. Универсальность	0,2	4
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4
4. Функциональная мощность (материалоемкость)	0,20	5
5. Ремонтпригодность	0,1	5
6. Энергосбережение	0,15	4
ИТОГО	1	4,65

$$I_p = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,65 ;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (4.3)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,65}{0,8} = 5,8 .$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.25) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп\max}} \quad (4.4)$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№п/п	показатели	Исп.
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65
3	Интегральный показатель эффективности	5,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,66

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4Б	Лю Цун

Институт	ИФВТ	Кафедра	ЛИСТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Тема: Исследование люминесценции литий-фосфат-боратных стекол, активированных Tb³⁺ и Ce³⁺

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i> 	<p><i>Рабочим местом является отдельное помещение (научная лаборатория).</i></p> <p><i>.Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Микроклимат</i> - <i>Электромагнитное излучение</i> - <i>Шум</i> - <i>Освещенность</i> <p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Электрическое напряжение</i> - <i>Пожарная и взрывная природа</i>
<p><i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p><i>Осуществлен подбор литературы, изучены внутренние инструкции учреждения.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> 	<p><i>Вредные факторы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 . <i>Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте</i> 2 . <i>Шум</i> 3. <i>Электромагнитное излучение</i> 4. <i>Освещенность</i>
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность (в т.ч. статическое</i> 	<p><i>Опасные факторы:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1 . <i>Электрическое напряжение</i> 2 . <i>Пожар</i>

<p>электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>3. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>1. Сильные морозы 2. Диверсия</p> <p>Разработать профилактические меры по устойчивой работе производства</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Привести перечень ГОСТ СНиПов использованных в работе</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>1, План размещения светильников 2, План Эвакуации</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Лю Цун		

5. Социальная ответственность

Целью этого раздела работы является разработка вопросов производственной и экологической безопасности на рабочем месте на установке «Импульс-1», в лаборатории «Импульсной оптической спектрометрии» кафедры оптики и светотехники ТПУ, где были проведены экспериментальные исследования для данной магистерской диссертации, а также разработка мероприятий по обеспечению безопасности при проведении экспериментов и противопожарной профилактике.

5.1 Анализ вредных факторов на рабочем месте

Основная часть экспериментов в данной магистерской диссертации работе направлены изучение спектров и кинетики люминесценции стекол легированные ионами лантаноидов. Эксперименты проводились на установке «Импульс-1», эксплуатация которой связана с существованием и возможным появлением ряда опасных и вредных факторов:

1. Световое излучение импульсной лампы в момент вспышки может вызвать временную потерю зрения, нарушения зрительной адаптации.
2. Импульсная лампа является источником УФ-излучения, которое обладает фотохимическим и ионизационным действием, которое может раздражающе подействовать на слизистую оболочку дыхательных путей.
3. Нарушение механической целостности кварцевой колбы импульсной лампы опасно попаданием осколков на работающего.
4. Излучение лазера обладает значительной интенсивностью. Опасным является попадание в глаза луча лазера или его отражение. Возможно поражение электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям установки.
5. Постоянный шум, создаваемый при работе форвакуумного насоса и систем охлаждения приборов, оказывает вредное воздействие на психику работающего, вызывая переутомление.

6. Неосторожное обращение с жидким азотом может привести к обморожению высокой степени.

7. Загрязнение воздуха может произойти в результате выброса масла из диффузионного насоса.

8. Перенапряжение органов зрения возможно при длительной работе с осциллографом или при недостатке освещения в лаборатории.

Помещение лаборатории должно соответствовать по своим размерам (площади, объему) количеству работающих. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.2.542-96 устанавливают на одного работающего объем производственного помещения не менее 15 м³, площадь помещения не менее 4,5 м² [55]. В лаборатории одновременно работают три человека. Высота помещения (H) составляет 3 м, длина (B) – 8 м, ширина (L) – 5 м.

Таким образом, площадь помещения $S = 40 \text{ м}^2$, объем $V = 120 \text{ м}^3$. Следовательно, на одного работающего приходится 24 м² площади и 72 м³ объема лаборатории, т.е. параметры помещения удовлетворяют санитарным нормам [56].

5.1.1 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Отклонения данных параметров от нормы оказывает вредное влияние на человека, при этом обычно возникают ухудшение самочувствия работника, снижение эффективности работы и различные заболевания.

Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма. Высокая температура приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма, тепловому удару. А низкая температура

может вызвать местное или общее охлаждение организма, и привести к простудному заболеванию либо обморожению.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

Для удобства работы в помещении необходимо нормирование параметров микроклимата (таблица 26) и применение защитных мероприятий защиты от вредного влияния отклонения параметров микроклимата.

Таблица 26. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96).

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	15-75	0,3
Теплый	Iб (140-174)	22,1-24	15-75	0,4

5.1.2 Шум

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте

неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих. Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

1. изменение направленности излучения шума;
2. рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
3. акустическую обработку помещений;
4. применение звукоизоляции.

Наиболее эффективны средства индивидуальной защиты (СИЗ), как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

5. 1.3 Освещенность

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей данной части является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

Расчет общего освещения производится методом коэффициента использования светового потока.

В качестве светильников для люминесцентных ламп наиболее распространенными являются открытые светильники типа ОД, ОДОР, ШОД, ОДО, ООД. Так как конкретных рекомендаций по выбору светильника не существует, то критерием выбора в данном случае выступает величина коэффициента полезного действия (КПД)[61].

Для нашей лаборатории выберем светильники типа ШОД со следующими характеристиками:

- тип светильника ШОД - 2-80,
- количество и мощность ламп 12·80;
- область применения: освещение производственных помещений с нормальными условиями труда;
- длина 1530 мм;
- ширина 284мм;
- КПД 83%.

Расчет осветительной установки производится методом коэффициента использования, который позволяет определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности с учетом отраженного стенами и потолком [12].

Расчет количества светильников производится по формуле:

$$n = E \cdot K \cdot S \cdot Z / (F \cdot \eta) \quad (1.1)$$

где $E=300$ лк - рекомендуемая по СанПиН 2.2.2.542-96, освещенность;

$K=1.8$ - коэффициент запаса, учитывающий запыленность светильников;

$S=40\text{ м}^2$ - площадь помещения ($a=8$ м, $b=5$ м);

$Z=1.1$ - коэффициент неравномерности освещения для светильников с люминесцентными лампами;

$F=4300$ лм - световой поток одной лампы ЛТБ 80;

η - коэффициент использования светильников, выбирающийся по СНиП 23-05-95 и зависящий от индекса помещения, высоты подвеса светильников, коэффициента отражения стен и потолка.

Индекс помещения определим по формуле:

$$i = S / (h \cdot (a + b)), \quad (1.2)$$

где $a=8$ м - длина помещения;

$b=5$ м - ширина помещения;

$h=3-1=2$ м - расчетная высота от светильника до пола.

Таким образом, $i=1,48$.

Коэффициент отражения стен с окнами без штор - 50%, потолка - 50%, пола - 10%. Используя эти значения определяем значение коэффициента использования светильников $\eta=0.46$.

Тогда получаем:

$$n = 300 \cdot 1.8 \cdot 36 \cdot 1.1 / (4300 \cdot 0.46) \approx 12$$

Таким образом, для освещения помещения требуется 6 светильников, 12 ламп.

Мощность осветительной установки рассчитывается по формуле [12]:

$$P=n \cdot P_{\text{свет}} = 12 \cdot 80 = 960 \text{ Вт} \quad (1.3)$$

Таким образом мощность осветительной установки составила $P=480$ Вт.

б) При выборе расположения светильников необходимо руководствоваться следующими критериями:

1. Обеспечение высокого качества освещения, ограничения ослеплённости и необходимой направленности света на рабочие места.

2. Наиболее экономичное создание нормированной освещенности.

Для равномерного общего освещения светильники могут располагаться параллельно стенам с окнами (для люминесцентных ламп)[12].

Как показали исследования, в зависимости от типа светильников существует наивыгоднейшее расстояние между светильниками, которое выражается формулой:

$$L=h \cdot \lambda (1.4)$$

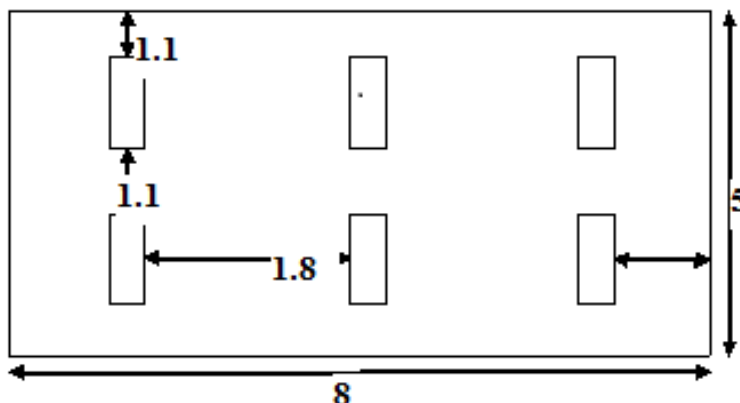
где $h = 3$ м - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью;

$\lambda = 1.2$ - поправочный коэффициент.

Расстояние между светильниками должно быть:

$$L=2 \cdot 1.2=2.4 \text{ м}$$

Расстояние от стен помещения до крайних светильников может быть равным $1/3L$.



28. Расположение светильников.

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,46} = 4304,35 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия: Рисунок

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{4300 - 4304,35}{4300} \cdot 100\% = 0,1\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 0,1\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Результат планирования расположения светильников показан на рисунке 28.

5. 1.4 Электробезопасность

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
3. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
4. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;
6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Неисправность проводки установки может стать причиной поражения электрическим током. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый не отпускающий

ток составляет 50 Гц (6-16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Согласно ГОСТ 12.1.019. ССБТ, электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно ПУЭ 7.4 «Правила устройства электроустановок» помещение, в котором находится установка, предназначенная для нанесения оксидов и оксинитридов титана на стальные подложки, относится к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. К таким условиям относятся: сырость (влажность более 75 %), токопроводящей пыли, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.); высокие температуры (выше 35 °С); возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой. В лаборатории находятся электрические установки с классами напряжения до 1 кВ, в которых, согласно ГОСТ12.1.038-82 ССБТ, предельно допустимые безопасные значения тока, напряжения и сопротивления не должны превышать значений 0,1 мА, 36В и 4 Ом соответственно.

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия:

1. содержать оборудование в работоспособном состоянии и эксплуатировать его в соответствии с нормативно-техническими документами;

2. своевременно проводить техническое обслуживание;
3. соблюдать технику безопасности при работе с оборудованием;
4. проводить инструктаж для работников.

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть использованы:

1. изоляция токоведущих частей;
2. малое напряжение в электрических цепях;
3. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
4. применение разделяющих трансформаторов;
5. использование оболочек и блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям и ошибочных действий или операций;

средства индивидуальной защиты и предохранительные приспособления: диэлектрические перчатки, галоши, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические резиновые ковры, указатели напряжения

5. 1. 5 Электромагнитное излучение

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 27 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров	ВДУ
-------------------------	-----

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 27.

Для того, чтобы снизить вредное влияние электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребенка – 10 - 20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не ближе 50 см

3. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков, и допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 10 Ом.

Кроме этих, к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят защитные халаты, комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты.

Материалом для защитных халатов, комбинезонов, фартуков служит специальная ткань, в структуре которой используются тонкие металлические нити, скрученные с хлопчатобумажными. Шлем и бахилы костюма делаются из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для дыхания. СИЗ должны быть заземлены.

Очки изготавливаются из стекол специальных марок металлизированных диоксидом олова.

5. 1. 6 Пожаровзрывоопасность

Согласно НПБ 105-03 используемое помещение относится к категории пожароопасной В4, т.е. в которых находятся горючие и трудногорючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), но удельная пожарная нагрузка на участке находится в интервале 1-180 МДж*м⁻².

В лаборатории разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. п.) в соответствии с приложением № 1 ППБ 01-03.

Согласно НПБ 105-95 и СНиП 21-01-97 работники допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности, во всех помещениях вывешены таблички с указанием номера телефона

вызова пожарной охраны и таблички с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

Согласно ППБ 01-03 в здании, где ведутся работы, предусмотрены инженерно-технические решения, которые обеспечивают в случае пожара эвакуацию людей (аварийные выходы), подачу средств пожаротушения к очагу, есть сигнализация и работает оповещение о пожаре.

Пожарные краны, огнетушители и другая пожарная техника для защиты объектов соответствует (ГОСТ 12.1.004-91 с измен. 21.10.1993 г).

На рисунке 29 представлен план эвакуации 032 аудитории 10 корпуса. По плану видны основные эвакуационные выходы и огнетушители.

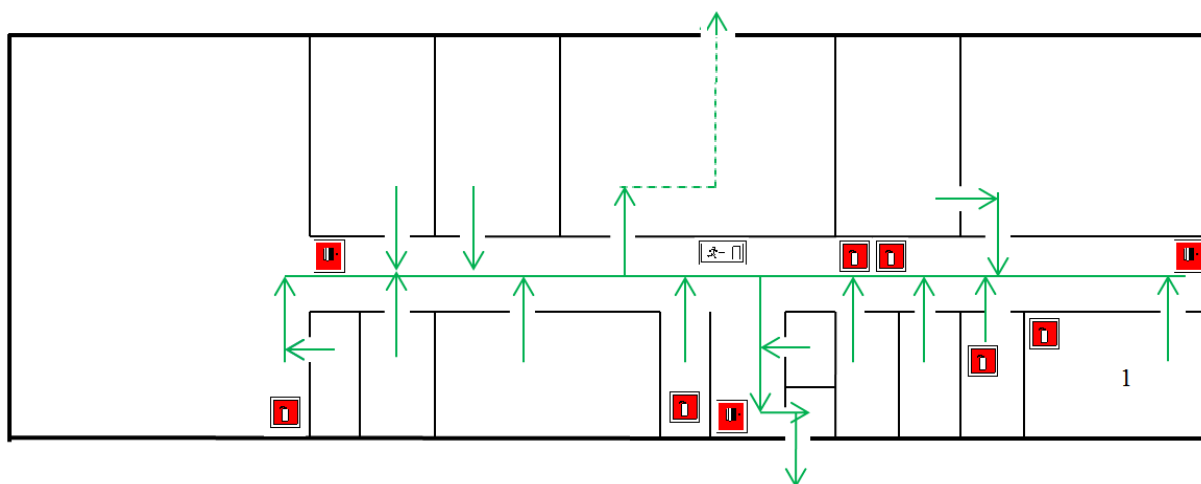



Рисунок 29 – План эвакуации из рабочего помещения


1- Установка «Импульс - 1»

 - огнетушитель

 - пожарный кран

 - направление движения

 - путь к основному эвакуационному выходу

 - путь к запасному эвакуационному выходу

Из огнетушителей разных видов наиболее широко используются углекислотные, порошковые и воздушно-пенные. Огнетушители воздушно-пенные используются при тушении пожаров классов А и В (дерево, краски и ГСМ) не допускается применять для тушения электроустановок под напряжением, а также щелочных металлов; эксплуатируются при температуре от +5 до +50°С.

Порошковые огнетушители используются в качестве первичного средства тушения пожаров класса А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В; огнетушители не пригодны для тушения загораний щелочных и щелочноземельных металлов и других материалов, горение которых может происходить без доступа воздуха.

Огнетушители углекислотные предназначены для тушения загораний различных веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний на электрифицированном железнодорожном транспорте, электроустановок, находящихся под напряжением не более 10кВ, загорания в музеях, картинных галереях и архивах, широкое распространение в офисных. Преимуществом углекислотных огнетушителей является отсутствие следов тушения. Огнетушители не предназначены для тушения загораний веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий).

В лабораториях расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02 (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000В).

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования;
2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;

4. Нарушение правил пожарной безопасности;
5. Неправильное хранение возгорающихся веществ.

При работе на установке используются баллоны с аргоном и азотом. Эксплуатация баллонов связана с рядом опасных факторов. Наполненный сжатым газом баллон обладает большой энергией, и если в нем образуется отверстие, то газ истекает из него с критической скоростью.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, находящихся под высоким давлением описаны в ПБ 03-576-03 и ГОСТ 12.2.085-2002. В целях безопасности, выполнены общие правила эксплуатации баллонов:

1. Баллоны установлены вертикально и надежно закреплены в таком положении металлическим хомутом, а также защищены от падения на них сверху каких либо предметов.

2. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещении находятся от радиаторов отопления и других отопительных приборов на расстоянии не менее 1 метра и от печей и других источников тепла с открытым огнем не менее 5 метров. При невозможности выдержать необходимое расстояние, необходимо применять защитные экраны, предохраняющие баллоны от местного разогрева, располагая баллон не ближе 0.1 м от экрана. Установленные баллоны также необходимо предохранять от действия солнечных лучей.

3. Выпуск газов из баллона производится через редуктор, предназначенный исключительно для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет. Камера низкого давления редуктора имеет манометр и пружинный предохранительный клапан, отрегулированный на соответствующее давление в емкости; во всех случаях открывать и закрывать вентиль баллона необходимо медленно.

5.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей необходимо доложить руководителю лаборатории.

Также перед проведением работ на установке импульсного магнетронного осаждения “Импульс-1” необходимо проверить целостность газовых баллонов, прочность их закрепления, отсутствие утечки газа. Вентиль и резьба должны быть исправны. Манометры редуктора должны быть проверены и исправны. Редуктор должен соответствовать газу в баллоне.

Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если истек срок очередного освидетельствования баллона, истек срок проверки манометра, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

Работа с установкой импульсного магнетронного осаждения “Импульс-1” должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию. Недопустимо наличие открытого огня около прибора.

После окончания работы с установкой необходимо:

1. Закрыть вентили газовых баллонов;
2. Убедиться, что все клапаны контроллера закрыты;
3. Выйти из программы, отключить питание компьютера;
4. Отключить установку импульсного магнетронного осаждения “Импульс-1” и насос от электросети;

5. Проверить целостность газовых баллонов, их закрепление, отсутствие утечки газа.

5.3 Охрана окружающей среды

В данной работе отходами являются металлические порошки, полученные вследствие чистки камеры и других компонентов установки.

Порошки, главным образом, состоят из стали, титана и оксинитридов титана. Для утилизации этих отходов сначала следует их разделить, для этого можно использовать магнит. После разделения отходов на 2 подгруппы: сталь и оксинитриды титана, нужно их перевести на специальные места на переработку.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Рассмотрим две наиболее типичных чрезвычайных ситуации, которые могут произойти на предприятии.

Первый случай: остановка производства в результате сильных морозов.

Меры по предупреждению ЧС:

1. Повышение устойчивости системы электроснабжения. В первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

2. Обеспечение устойчивости теплоснабжения за счет запасных автономных источников теплоснабжения, кольцевания системы, заглубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования водопитания, кольцевание системы, заглубление водопроводов, обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

4. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

Второй случай: диверсия.

Для обеспечения безопасности работника, предотвращения хищений и проникновении посторонних лиц на предприятие следует использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно-пропускной пункт.

2. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.

3. Установить оповещающие системы безопасности при несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе на установке импульсного магнетронного осаждения “Импульс-1” допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке импульсного магнетронного осаждения “Импульс-1”, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца.

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

1.инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке GasReactionController;

2. инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

3. инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

1.инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;

3. ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;

4. ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;

Микроклимат:

1. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

2. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Шум:

1. ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

2. СНиП П-12-77. Защита от шума.

Освещенность:

1. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

5.6 Заключение

Описана электронная структура лантаноидов. Рассмотрено строение фосфатных стекол. Описаны люминесцентные свойства стекол легированных РЗИ и безызлучательный перенос энергии (литературный обзор). Вторая глава посвящена описанию объектов исследования и техники эксперимента.

В третьей главе обсуждаются экспериментальные результаты исследований.

Показаны влияние концентрации Eu, Ce, Pr на оптические и спектрально-кинетические характеристики фотолюминесценции и катодолюминесценции стекол легированных Tb/Eu, Tb/Ce, Tb/Pr.

Рассмотрено проведения – FAST – анализа установки «Импульс-». Приведена функционально - стоимостная диаграмма которой позволил выявить

диспропорции между важностью функций и затратами на них. Описаны обеспечение производственной и экологической безопасности при выполнении научно – исследовательской работы. Представлен анализ опасных и вредных производственных факторов. Приводится расчет заземления для защиты от поражения электрическим током

Список используемых источников

1. P. Lecoq, A. Annenkov, A. Gektin, M. Korzhik, C. Pedrini Inorganic scintillators for detector systems. Physical principles and crystal engineering. Springer-Verlag 2006, p. 251
2. Бюргановская Г.В., Варгин В.В., Лeko Н.А., Орлов Н.Ф. Действие излучений на неорганические стекла. – М.: Атомиздат, 1968. – 244 с.
3. S. Krause, C.Pfau, M.Dyrba et al. On the role of the network modifier PbO in Sm³⁺-doped borate glasses // Journal of Luminescence, 151(2014), 29–33
4. Polisadova E. F., H. A. Othman, V. M. Lisitsyn Effects of matrix composition and Eu³⁺ concentration on the Luminescence properties in phosphate glass // Functional materials, 2013. V.20 No 3 P. 290-294.
5. MA Chonggeng, JIANG Sha, ZHOU Xianju Energy transfer from Ce³⁺ to Tb³⁺ and Eu³⁺ in zinc phosphate glasses Journal Of Rare Earths, Vol. 28, No. 1, Feb. 2010, p. 40).
6. Pankratov V., Popov A.I., Chernov S.A., Zharkouskaya A, and Feldmann C. Mechanism for energy transfer processes between Ce³⁺ and Tb³⁺ in LaPO₄:Ce,Tb nanocrystals by time-resolved luminescence spectroscopy. Phys. Status Solidi B 247, No. 9, 2252–2257 (2010).
7. Алексеев, Н.Е., Гапонцев В.П. Лазерные фосфатные стекла Жаботинский М.Е и др.- М.:Наука.-1980.-352.с
8. Карякин А. В., Аникина Л . И., Филаткини Л. А. Определение малых количеств тербия, диспрозия и гадолиния в окиси иттрия люминесцентным методом // Журн. аналит. химии. -1966.-21, вып. 10. – С. 1196-1200.
9. Алексеев, Н.Е., Гапонцев В.П. Лазерные фосфатные стекла Жаботинский М.Е и др.- М.:Наука.-1980.-352.с
10. G. Zanella, R. Zannoni, R. Dall’Igna, P. Polato, M. Bettinelli, Nucl. Instrum.Methods Phys. Res. A 359 (1995) 547.

11. Gopi Sharma, Ruchika Bagga, Nancy Mahendru, Mauro Falconieri. Influence of lead and cadmium fluoride variation on white light emission characteristics in oxy fluoride glasses and glass–ceramics. *Journal of Luminescence* 159 (2015) 38–46.
12. Бюргановская Г.В., Варгин В.В., Лeko Н.А., Орлов Н.Ф. Действие излучений на неорганические стекла. – М.: Атомиздат, 1968. – 244 с.
13. А.К. Пржеvusкий, Н.В. Никоноров. «Конденсированные лазерные среды». Учебное пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 г. – стр10.
14. C. P. Flynn and M. B. Salamon. Single-crystal nonstructures. In K. A. Gscheidner Jr. and L. Eyring, editors, *Handbook on the physics and chemistry of rare earths*. Vol 22. Elsevier, Science B. V., The Netherlands, 1996.
15. Ивановских К.В., Пустоваров В.А. Люминесцентная спектроскопия кристаллов, легированных редкоземельными ионами. Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 35 с.
16. Gaponenko, N.V. Room-temperature photoluminescence from porous anodic alumina films with embedded terbium and europium species / N.V. Gaponenko, Y.V. Hluzd, G.K. Maliarevich, I.S. Molchan [et al.] // *Materials Letters* – 2009. – Vol. 6. – P.621-624.
17. Dieke G.H. *Spectra and Energy Levels of Rare Earth Ions in Crystals* // Interscience Publishers, New York, 1968.
18. Ивановских К.В., Пустоваров В.А. Люминесцентная спектроскопия кристаллов, легированных редкоземельными ионами. Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 35 с.
19. Спектроскопия редкоземельных ионов в объемных и наноразмерных кристаллах / П.Н. Жмурин, Ю. В. Малюкин. Харьков: Институт монокристаллов, 2007. – 332 с.
20. Шульгин Б.В., Петров В.Л., Пустоваров В.А. и др. Сцинтилляционные детекторы нейтронов на базе ^6Li -силикатного стекла, активированного церием // *Физика твердого тела*, 2005, т.47, вып. 8, с.1364-1367.

21. Казанкин О.Н., Марковский Л.Я. и др. Неорганические люминофоры. — Ленинград: Химия, 1975. — 191 с.
22. Reddy, G.V.L., Moorthy, L.R., Chengaiah, T., Jamalaiah, B.C. Multi-color emission tunability and energy transfer studies of $YAl_3(BO_3)_4:Eu^{3+}/Tb^{3+}$ phosphors // *Ceramics International*. Volume 40, Issue 2, March 2014, Pages 3399-3410.
23. Zhengqing Pan, Haiwen Cai, Li Meng et al. Single-frequency phosphate glass fiber laser with 100-mW output power at 1535 nm and its polarization characteristics // *CHINESE OPTICS LETTERS* / Vol. 8, No. 1 / January 10, 2010.
24. M.B. Volf, *Chemical Approach to Glass*, Elsevier, New York, 1986. p. 145. P. Kaur et al./ *Journal of Alloys and Compounds* 588 (2014) 394–398
25. M. Nikl, J.A. Mares, E. Mihokova et al. Radio- and thermoluminescence and energy transfer processes in $Ce^{3+}(Tb^{3+})$ -doped phosphate scintillating glasses // *Radiation Measurements* 33 (2001) 593–596;
26. S. P. Feofilov, Y. Zhou, H. J. Seo et al. Host sensitization of Gd^{3+} ions in yttrium and scandium borates and phosphates: Application to quantum cutting // *PHYSICAL REVIEW B* 74, 085101, 2006;
27. Vijayakumar, R., Marimuthu, K. Luminescence studies on Ag nanoparticles embedded Eu^{3+} -doped boro-phosphate glasses // *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 665, 2016, Pages 294-303;
28. Mu Gu n, Qing-Chun Gao, Shi-Ming Huang et al. Luminescence properties of Pr^{3+} -doped transparent oxyfluoride glass–ceramics containing $BaYF_5$ nanocrystals // *Journal of Luminescence* 132 (2012) 2531–2536;
29. Vijayakumar, R., Venkataiah, G., Marimuthu, K. Structural and luminescence studies on Dy^{3+} doped boro-phosphate glasses for white LED's and laser applications // *Journal of Alloys and Compounds*. Vol.652, 2015, Pages 234-243
30. U. Umamaheswari, B.C. Jamalaiah, T. Sasikala, T. Chengaiah, Il-Gon Kim, L.Rama Moorthy Photoluminescence and decay behavior of Tb ions in sodium

fluoro-borate glasses for display devices// Journal of luminescence 132 (2012) 1166-1170;

31. U.Caldino, A. Speghini E. Alvarez and etc. Spectroscopic characterization and optical waveguide fabrication in Ce³⁺, Tb³⁺ and Ce³⁺/ Tb³⁺ doped zinc-sodium-aluminosilicate glasses // Optical materials 33(2011) 1892-1897

32. Zhua L., Lua A., Zuo C., Shenb W. Photoluminescence and energy transfer of Ce³⁺ and Tb³⁺ doped oxyfluoride aluminosilicate glasses //Journal of Alloys and Compounds. 2011. – v.509, p. 7789 – 7793.

33. Cheng-gang Zuo, An-xian Lu, Li-gang Zhu Luminescence of Ce³⁺/Tb³⁺ ions in lithium-barium-aluminosilicate oxyfluoride glasses // Materials Science and Engineering B. 2010.– v.175, p. 229-232.

34. Hea D., Yua C., Chenga J., Li S., Hua L. Effect of Tb³⁺ concentration and sensitization of Ce³⁺ on luminescence properties of terbium doped phosphate scintillating glass // Journal of Alloys and Compounds. 2011.– v.509 p.1906–1909

35. Inorganic Scintillators for Detector Systems Physical Principles and Crystal Engineering // P. Lecoq, A. Annenkov, A. Gektin, M. Korzhik C. Pedrini Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006 p.251

36. Hou D., Han B., Chen W., Liang H., Su Q., Dorenbos P., Huang Y., Gao Z., Tao Y. Luminescence of Ce³⁺ at two different sites in a-Sr₂P₂O₇ under vacuum ultraviolet-UV and X-ray excitation // J. Appl. Phys. 2010. – v. 108, p. 1-6

37. К.Н.Беликов, Н.Л. Егорова, Е.Ф. Полисадова, Д.Т. Валиев Особенности импульсной катодолюминесценции фосфат-борат-флюоридных стекол легированных редкоземельными элементами // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 6/2. – С. 100- 106.

38. D. T. Valiev, E. F. Polisadova, K. N. Belikov, N. L. Egorova The effect of Ce³⁺ ions on the spectral and decay characteristics of luminescence phosphate-borate glasses doped with rare-earth ions // Optics and Spectroscopy (2014), v. 116, №5, pp 677-682

39. Yanping Chen, Deli Luob, Lizhu Luo, Xiaoying Wang, Tao Tang, Wenhua Luo. Luminescence of Ce³⁺/Tb³⁺ ions in lithium–magnesium aluminosilicate glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids* 386 (2014) 124–128
40. Heesun Yang, Yong-Seog Kim. Energy transfer-based spectral properties of Tb-, Pr-, or Sm-codoped YAG:Ce nanocrystalline phosphors *Journal of Luminescence* 128 (2008) 1570–1576
41. K. Swapna, Sk.Mahamuda, A.SrinivasaR. Luminescence characterization of Eu doped Zinc AluminoBismuthBorate glasses for visible red emission applications. *Journal of Luminescence* 156 (2014) 80–86.
42. A. Thulasiramudu., S. Buddhudu. Optical characterization of Eu³⁺ and Tb³⁺ ions doped zinc lead borate glasses. Received 18 October 2005; accepted 27 February 2006. *Science Direct Spectrochimica Acta Part A* 66 (2007) 323–328
43. Luminescence of Ce/Tb ions in lithium–magnesium aluminosilicate glasses Yanping Chen, Deli Luob, Lizhu Luo, Xiaoying
44. E. Álvarez, Ma.E.Zayas, J.Alvarado-Rivera, F.Félix-Domínguez ,R.P. Duarte-Zamorano , U.Caldiño. New reddish-orange and greenish-yellow light emitting phosphors: Eu³⁺ and Tb³⁺/Eu³⁺ in sodium germinate glass. *Journal of Luminescence* 153(2014)198–202
45. Jaeckel G (1926) Same modern absorption glasses // *Z Tech Phys* 7 : 301 – 304
46. В. Л. Ермолаев, Е. Н Бодунов, Е. Б. Свещникова, Т. А. Шахвердов. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Ленинград – 1977г. с 184.
47. Lihui Huanga, Xiaojun Wanga , Hai Lina, Xingren Liua. Luminescence properties of Ce and Tb doped rare earth borate glasses. *Journal of Alloys and Compounds* 316 (2001) 256–259
48. L. Zhua, A. Lua, C. Zuo, W. Shenb Photoluminescence and energy transfer of Ce³⁺ and Tb³⁺ doped oxyfluoride aluminosilicate glasses *Journal of Alloys and Compounds* 509 (2011) 7789– 7793

49. Шилов С.М. Люминесцентно-спектральные свойства соединений европия(III) в нанопористых носителях// Известия РГПУ им. Герцена 2008, №10 (64) с. 62-74
50. Люминесцентные свойства иттрий-гадолиниевых фосфатов, активированных европием// Неорганические материалы 2009, т.45, №4 с.473-477
51. K. N. Belikov, N.L. Egorova, E.F. Polisadova, D.T. Valiev Особенности импульсной катодолуминесценции фосфат-борат-флюоридных стекол легированных редкоземельными элементами //
52. Valiev D. T. , Polisadova E. F. , Stepanov S. A. , Belikov K. N. , Egorova N. L. , Otman K. . , Vaganov V. A. Luminescence spectroscopy of scintillating glasses doped with Tb³⁺/Ce³⁺ with different concentrations of cerium under photo-and electron excitation // Journal of Luminescence. - 2015 - Vol. 162. - p. 128-133
53. Шульгин Б.В., Петров В.Л., Пустоваров В.А. и др. Сцинтилляционные детекторы нейтронов на базе 6Li-силикатного стекла, активированного церием // Физика твердого тела, 2005, т.47, вып. 8, с.1364-1367.
54. H. Kalaycioglu, H. Cankaya, G. Ozen, L. Ovecoglu, A. Sennaroglu, J. Opt. Commun. 281 (2008) 6056.
55. R. Vijayakumar, K. Maheshvaran, V. Sudarsan, K. Marimuthu Concentration dependent luminescence studies on Eu³⁺ doped telluro fluoroborate glasses. Journal of Luminescence 154 (2014) 160–167
56. S. Zhao, F. Xin, S. Xu Luminescence properties and energy transfer of Eu/Tb ions codoped aluminoborosilicate glasses Journal of Non-Crystalline Solids 357 (2011) 2424–2427
57. Яковлев В.Ю, Гриценко Б.П, Лях Г.М, Сафонов Ю.Н. Тезисы всесоюзной конференции современного состояния и перспективного развития высокоскоростной фотографии, кинематографии и метрологии быстропротекающих процессов, ВНИИОФИ, Москва -С. 61.

58. G.M. Shapochkin, V.V. Mikhailin, J. Surf. Invest. 4 (2010) 675
59. Гаврикова Н. А., Тухватулина Л. Р., Видяев И. Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение// издательство Томского политехнического университета, 2014. - с. 3-15.
60. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. М: Энергоатомиздат, 1984, 824 с.
61. Белов С.В., Ильницкая А.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. М: Знак, 1999, 325с.
62. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/87).
63. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., Энергия, 1976, 384с.
64. Безопасность жизнедеятельности: Пособие по выполнению практической работы «Расчет защитного заземления».- М.: мГТУ ГА, 2010.-20с.
65. ГОСТ Р 22.0.02-94: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
66. ГОСТ 12. 1. 038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
67. ГОСТ 6825-91. Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения.
68. Временные рекомендации (правила) по охране труда при работе в лабораториях (отделениях, отделах) санитарно-эпидемиологических учреждений системы Минздрава России. Разработаны Всероссийским научно-исследовательским и испытательным институтом медицинской техники Минздрава России.
69. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга. Л., Энергия, 1976, 384с
70. Безопасность жизнедеятельности: Пособие по выполнению практической работы «Расчет защитного заземления».- М.: мГТУ ГА, 2010.-20с.

71. ГОСТ Р 22.0.02-94: Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

72. ГОСТ 12. 1. 038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

73. ГОСТ 6825-91. Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения.

Приложение А
(Обязательное)

Раздел №5

Social responsibility

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4Б	Лю Цун		

Консультант кафедры _____ (ЛиСТ)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Валиев Дамир Талгатович	к.ф.-м.н.		

Консультант – лингвист кафедры _____ (ЛиСТ) _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель кафедры иностранных языков ФТИ	Ботова Анастасия Леонидовна			

Приложение А

5 SOCIAL RESPONSIBILITY

The purpose of this section is to develop the issues of production and environmental safety in the workplace on the "Impulse-1" unit in the laboratory of "Pulsed Optical Spectrometry" of the department of Optics and Lighting of TPU, where the experimental studies for this thesis were carried out, as well as the development of measures for safety precautions during experiments and fire prevention.

5.1 Analysis of dangerous and harmful factors in the workplace

The main part of the experiments in this thesis work is aimed at studying the spectra and kinetics of luminescence of $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{CaF}_2$ scintillation glass doped Tb, Ce, Eu, Pr. The experiments were carried out on the " Impulse - 1" unit, operation of which is associated with the existence and the possible emergence of a number of dangerous and harmful factors:

1. Light emission of the pulsed lamp may cause temporary loss of vision, disturbances of visual adaptation.
2. Pulsed lamp is a source of UV radiation, which has photochemical and ionization effects, which can irritate the mucous membrane of the respiratory tract.
3. Violation of the mechanical integrity of the quartz bulb of the pulsed lamp is dangerous for a worker.
4. Laser radiation has a considerable intensity. Hitting eyes with a laser beam or its reflection can be dangerous. An electric shock in case of accidental contact with specific parts of the installation can occur.
5. Constant noise generated when using a backing pump and cooling devices, has a detrimental effect on the psyche of a worker, causing fatigue.

6. Careless handling of liquid nitrogen can cause frostbite of a high degree.
7. Air pollution can occur as a result of the release of oil from the diffusion pump.
8. Possible eye strain during prolonged operation with an oscilloscope or with a lack of lighting in the laboratory can be observed.

5.1.1 Sanitary Requirements for laboratory premises

Laboratory space must be of a proper size (area, volume) and it must correspond to the specific number of employees. Sanitary norms “SanPin 2.2.2.542-96” set per an employee the volume of production area not less than 15 m³ area not less than 4.5 m² [20] in order to ensure normal working conditions. Only three employees are allowed to work simultaneously in the laboratory. The room height (H) is about 3 m, the length (B) - is 8 m, the width (L) — is 6 m.

Thus, the floor area is $S = 48 \text{ m}^2$, the volume is $V = 144 \text{ m}^3$. Consequently, per worker there is a 24 m² area and 72 m³ volume of laboratories, ie the room dimensions meet sanitary standards [21].

5.1.2 Microclimate

According to GOST 12.1.005-88 (2000) there is a set of the established admissible and optimal weather conditions for the working area facilities, including requirements for air temperature, humidity, air velocity.

The need to integrate the basic parameters of microclimate is due to the existence of the heat balance between the human body and the environment of the production facilities. Microclimate parameters are optimized for the normal regulation of life processes. The temperature must be maintained at 20-25 ° C. According to the passport of the laboratory the relative indoor humidity must be 50-60 %, air velocity - 0.2 m / s [36].

Indoor work belongs to the Ia category of works with an intensity of energy consumption up to 120 kcal / h produced by sitting and accompanied by minor physical stress [38]. In the room for the removal of harmful substances from the air of the working area general exchange ventilation is used. Purification of the air is carried out by conditioners. Working conditions are given in Table 7.1 and conform with the standards.

Table 5.1 - Microclimate for indoor "Impulse-1" unit.

Year period	Category of work	Air temperature, °C		The surface Temperatures, t°C	Relative humidit, F%	Air velocity, m/s	
		Range below the optimum values t° _{opt}	Range above the optimum values t° _{opt}			If t° < t° _{opt}	If t° < t° _{opt}
Cold	Ia	20.0-21.9	24.1-25.0	19,0-26,0	15-75	00.1	00.1
Warm	Ia	21.0-22.9	25.1-28.0	20.0-29.0	15-75	00.1	002

5.1.3 Noise Level

Due to hygienic studies it has been found out that noise worsens working conditions, providing a harmful effect on the human body. With long-term effects of noise on the human body unwanted changes occur: decreased visual acuity and decrease, blood pressure rises, attention is dulled. Strong prolonged noise can cause functional changes in the cardiovascular and nervous systems. Given the fact that the

noise has an adverse impact on the process of thinking and research activities in the laboratory the level of internal noise is reduced to a minimum, exceed the maximum permissible level of 60 dB, as set by GOST 12.1.003-83 (1999). Soundproof compartment mounted on rubber shock absorbers is used in order to reduce noise from the pump. In addition, the building in which the laboratory is located is far from strong noise sources : main streets, roads, railways, airports, etc.

5.1.4 Lighting

Workplace lighting

One of the normal operating conditions is normal lighting. Workplace lighting must be in accordance with “SNiP 23-05-95” within 300lk.

Requirements for workplace lighting:

- illumination shall conform to the nature of visual work ;
- the light should be constant over time;
- Regular cleaning of glazed light sources providing natural lighting ;
- Regular cleaning of luminaires in terms set in regulations [39].

Separate standards of light depending on the applied light sources and lighting systems are accepted. Value of the minimum illumination is set depending on the characteristics of visual work which is determined by the size of the smallest object distinction, the contrast with the background object and background characteristics . We distinguish between four and eight bits of subclasses depending on the degree of eyestrain. Visual performance done indoors belongs to category 5, i.e. to the category of medium accuracy .

In the given laboratory natural light comes through a single window so natural lighting is virtually absent, due to the fact that the performance of work requires deafening.

There are 8 fluorescent lamps consequently the lighting system in the laboratory is sufficient [45].

Table 5.2 - Relationship of normalized parameters of artificial lighting with the characteristics of visual works in the room with the "Impulse -I" unit.

Characteristics of visual work	Minimum or equivalent object size discrimination	Discharge of visual work	Subclass of visual work	Relative duration of visual work	I luminance on the working surface of the	Average KEO at the top or the top and side	Minimum KEO on the side lighting, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Distinguishing objects with a fixed line of sight							
Medium accuracy	>0,5	V	1	>70	150	2.0	0.5
			2	<70	100	2.0	0.5
Overview of the surrounding space							
High saturation of the room with light	-	G G -	-	-	300	3.0	1.0
General orientation in the interior space							
Small number of people	-	Zh	2	-	50	-	-
General orientation in the areas of movement							
Small number of people	-	3	2	-	20	-	-

5.1.5 Electrical safety

Laboratory in which the work was performed is equipped with electrical equipment and installations which leads to the need for measures to prevent human exposure to occupational hazards such as electric current. In addition, faulty electrical wiring can cause thermal injury to human or fire [38].

Damaging effect of electric current depends on the value and duration of current flow through the human body, kind and frequency, place of current flow, and individual properties of the person. The most dangerous to humans is alternating current with a frequency of 20 - 100 Hz. Dangerous amount of current is a current of 0.001 A, deadly -0.1 A. Therefore, you should follow the rules of electrical safety.

According to the requirements of the "Regulations for Electrical units" approved by "Gosenergonadzor of 12.04.2003" the laboratory where the projections of the device is done is equipped as in the following way:

- there is a cutout to disable the overall power network on the supply panel;
- there are fuses for overload protection of a utility power and to protect the network when the appliance is faulty in all devices.

Operation of the devices must conform to the "Rules of technical operation of" electrical industry. According to these rules it is necessary to exclude the possibility of human touch of live parts of devices. This involves the following activities:

- all devices and equipment by the manner of people protection from electric shock , according to GOST 12.2.007.10-87 have a class not lower than 1 , all appliances are grounded by attaching metal hulls or parts of appliances to the ground contour conducted in the laboratory ;
- insulation resistance of all live conductors shall be not less than 1 MW;
- only standard electrical connectors should be used for connecting ;
- when working with the included instruments follow the instructions on

safety;

- usage of the faulty devices is prohibited;
- nonindustrial production design of devices used in the work have closed covers of the appropriate degree of protection of electrical equipment, according to GOST 12.1.019-79 (1996), excluding the touch of the woken with live parts , as well as contact pads for connecting the grounding conductor. On the back of the unit and the devices that are powered by a 220 V, 50 Hz there is an inscription in red letters "Danger! High voltage ! "

In order to avoid the risk of electric shock, the room has contour protective grounding. On the street at a distance of two meters from the laboratory at a depth of 2 meters there is a copper sheet (area of 1 x 1 m), which has a copper bus mounted on it (section 1 x 10 cm). And the copper bus completely goes into the room of 48 m². The copper bus is connected to a power source by the bolts and open completely buried, ie it provides reliable grounding.

The laboratory satisfies the above requirements, so it can be attributed to the premises without heightened risk of electric shock to people. This is a dry room without high spraying temperature - (normal), the floor is covered with an insulating material, so we do not consider additional requirements.

Increased electric safety when working on electrical unit in the laboratory is achieved by using the shield, protective grounding, etc [39].

5.1.6 Calculation of the protective grounding

The propose of the calculation of the protective grounding is to define the basic parameters of the grounding in which the touch voltage and step during the closure phase do not exceed the allowable values. The method of calculation is based on the use of utilization factors of the grounding conductivity. Calculation is done by the permissible current spreading of the grounding resistance [45].

Data for the calculation:

1. Electrical voltage : 380V;
2. Network: grounded neutral;
3. Power supply network : 25 kW;
4. Ground fault current $I_g < 500$ A;
5. The shape and size of vertical electrodes pipe diameter $d_E = 15$ cm and a length $l_E = 1.6$ m;
6. Ration of the distances between the groundings to their length is $a// = 2.5/1.6 \sim 2$ of Table 3 [3];
7. Horizontal electrode shape : strip thickness $b = 15$ cm, length $l_E = 2.6$ m;
8. Climatic zone I: soil - wet sand, $p = 700$ ohm • m in Table 5 [24];
9. Permissible current spreading resistance of the grounding device : $R^* = 10$ ohms;
10. Grounding device type : circular
11. Dimensions of the grounding circuit $L_1 = 8$ m, $L_2 = 5$ m;

Calculation of the grounding parameters

1. The total length of the horizontal electrode: $L_g = 2 (8 + 5) = 26$ m Given that the distance between the vertical electrodes is at least 2.5 - 3.0 m lest us assume that the amount of vertical electrodes $n = 20$ pc. Table. 3 [24].

2. Estimated value of the specific resistance of soil for vertical grounding : $P_v = P_{gr} \cdot R = 2 \cdot 700 = 1400$ Ohm .m

horizontal grounding:

$$P_g = R \cdot P_{gr} = 700 \cdot 4.5 = 3150 \text{ Ohm. m}$$

3. Single vertical grounding resistance R_v , the upper edge of which is on the surface of the ground is determined by the formula:

$$R_v = 0.366 \cdot \frac{\rho_v}{l} \cdot \lg \frac{4l}{d}, \text{ Ohms} \quad (16)$$

where p_v - is vertical electrode resistance found above, L - length, d- diameter of the vertical electrode. $R_v = 56$ Ohms.

4. Horizontal grounding resistance R_g located on the surface of the ground is determined by the formula:

$$R_h = 0.183 \cdot \frac{\rho_h}{l} \cdot \lg \frac{2l}{0.5b}, \text{ Ohms} \quad (17)$$

where p_g - horizontal electrode resistance, L - length , b - width of the horizontal electrode. $R_h = 0.183 \cdot \frac{3150}{26} \cdot \lg \frac{2 \cdot 26}{0.5 \cdot 0.15} = 63$ Ohms.

5. Calculated grounding resistance R_z is defined as :

$$R_g = \frac{R_E \cdot R_F}{R_E \cdot \eta_F + R_F \cdot \eta_E \cdot n}, \text{ Ohm} \quad (18)$$

where n_g and n_v - coefficients are determined from Table 4 [23], n – number of vertical electrodes.

When properly calculated grounding device must satisfy the requirement: $R_g < R_a$

$$R_g = \frac{56 \cdot 63}{56 \cdot 0.32 + 63 \cdot 0.63 \cdot 20} = 9.3 \text{ Ohm}$$

Calculated resistance of the grounding R_g less than the allowable value R_a , this indicates that the main parameters of the adopted grounding (shape, size , voltage placement of electrodes in the earth and to each other) are correct and, therefore, touch and step are within acceptable limits.

5.1.7 Fire safety

According to GOST 12.1.033 - 81 fire safety concept means a state of the object which excludes the possibility of fire and development and impact on people of fire hazards , as well as protected property. Fire safety is provided by fire

prevention measures on the removal and maintenance of combustion conditions and includes a set of measures necessary to prevent the risk of fire, limiting the spread of fire, protecting people and extinguishing the fire.

The laboratory where the " Impulse -1 " unit is located according to the Technical Regulations "On Fire Safety " from July 22,2008» № 123 - FZ belongs to the category D i.e. this is premise where there are non-combustible iron substances and materials in cold state [48].

Fire break-out when working with electronic equipment can be for both electrical and non-electrical reasons.

In order to reduce the fire hazard we should take technical, operational and organizational measures. Technical activities account for fire regulations requirements for the design of buildings, electrical installations and heating systems etc.

Operation - requirements for equipment operation, repair , proper maintenance.

Organizational measures require training of personnel to fire regulations.

Prevention of fire is achieved by the exclusion of the formation of combustible environment and sources of ignition or maintenance of environment parameters within the range excluding combustion.

In case of fire inside the building there are means for fire extinguishing valves, fire extinguishers, sand boxes.

For evacuation schemes showing all possible ways in which you can leave the building (Figure1) are hung in the halls.

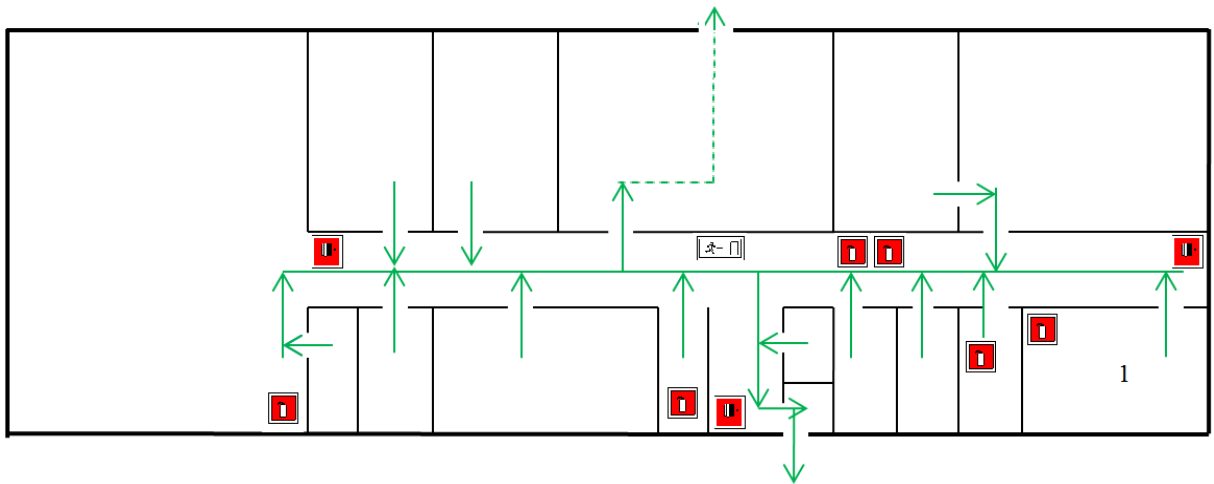




Figure 29 - Evacuation scheme.

1 - "Impulse - 1" unit

 - Fire extinguisher

 - Fireplug (fire-cock)

 - Direction of movement

 - Way to the emergency exit

 - Way to a spare emergency exit.



5.2 Extinguishing Medium

There are various ways to stop fire: cooling the reaction zone itself or combustibles: dilution of the reactants - reducing the concentration of one of the reactants; chemical inhibition of the combustion reaction ; isolation of the reactants from the combustion zone . OU-5 Carbon dioxide fire extinguishers are kept indoors. It is designed for extinguishing electrical equipment of up to 1000V and other items . You need to bring in a fire extinguisher to the fire, pull the pin and press the lower lever to blow the fire. You must also call the fire department [47].

5.3 Instructions

On the basis of the material discussed in this section instructions were compiled that will drive the risk of electric shock and fire hazards to a minimum.

The workplace of an engineer must meet the following requirements:

1. All electrical devices of the laboratory must be grounded, conductive parts must have protective covers.
2. Electrical appliance, sockets, cables and wires with the instrument must be in good condition and portable lights shall be provided with protective glass or mesh.
3. Permissible noise levels in the workplace should not exceed 60 dB.
4. In the locations of permanent duty there should be a first aid kit.

It is prohibited to:

1. All appliances should be grounded.
2. Use water or heating pipes as grounding.
3. Install or repair devices while the powered.
4. Use faulty power tools.
5. Operation persons who are not familiar with this instruction.

Instructions for fire safety at work in the laboratory (in general):

1. All laboratory staff is required to know and comply with the fire safety regulations.
2. Upon completion of work it is required to shut dawn total power of the laboratory.

If defects are found in the insulation of electrical wires, you must immediately notify the person responsible for the fire safety.

5.4 Environmental protection

Protection of the environment is a complex problem that requires efforts of numerous people. The most active form of protecting the environment from the harmful effects of industrial emissions is a complete transition to low-waste and non-waste technology and production. An important direction of the greening of industrial

production should be considered as process improvement and development of new equipment with lower emission , waste and contaminants into the environment.

As an additional means of protection we use: devices and systems for cleaning gas emissions, waste water from impurities; silencers resetting gas emissions and other similar devils are constantly improved and widely implemented in technological and operational cycles in all sectors of the economy [72].