

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

Институт: Институт физики высоких технологий

Специальность: ОпTOTехника

Кафедра: Кафедра лазерной и световой техники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Модернизация светодиодного излучающего элемента ленточного типа в светодиодной лампе общего назначения.</b>

УДК 621.383.52 – 048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Постолова Евгения Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вилисов Анатолий Александрович	Д. т. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ТУСУР каф РЭТЭМ	Солдаткин Василий Сергеевич	К.т.н., доцент		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. МЕН ИСГТ ТПУ	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК НИ ТПУ	Кырмакова Ольга Сергеевна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>		
P1	Способность формулировать цели, задачи и составлять план научного исследования в области светотехники и фотонных технологий и материалов, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОПК-1, ПК-1, 2, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1-5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Требования работодателей.
P2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 4, 5, 19) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.3, 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P3	Способность к исследованию и анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания, к постановке цели и задач проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы	Требования ФГОС ВО (ПК- 6, 7, 10) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной,	Требования ФГОС ВО (ПК- 8, 9, 10, 11) Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.5, 5.2.4,

	облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности	5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.	Требования ФГОС ВО (ПК-9, 12, 13, 14,15, 16, 17, ПК-9) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.2, 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОПК-2, ПК-3, 11, 15, 16, 21) Критерий 5 АИОР (пп 5.2.10, 5.2.16, 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 2, ОПК-1, 2, ПК-9) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК-20, 22, 23), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.12, 5.2.14, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений	Требования ФГОС ВО (ПК- 18, 24), Критерий 5 АИОР (пп 5.2.11, 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-</i>

	для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов	<i>ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3) Критерий 5 АИОР (5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей.

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

---

Институт: Институт физики высоких технологий

Специальность: Опtotехника

Кафедра: Кафедра лазерной и световой техники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Яковлев А.Н.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ4А	Постолова Евгения Олеговна

Тема работы:

Модернизация светодиодного излучающего элемента ленточного типа в светодиодной лампе общего назначения

Утверждена приказом директора ИФВТ

Приказ № 3999/с от 30.05.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

Работа направлена на модернизацию светодиодного излучающего элемента (СИЭ), используемого в светодиодных лампах общего применения. Подобные лампы станут аналогом по геометрическим и световым характеристикам лампы накаливания. Необходимо исследовать характеристики СИЭ и подобных ламп, после исследований и измерений выбрать наиболее эффективные конструктивные решения для СИЭ. В работе использовать 3D моделирование и теоретические расчеты проводимые в программе SolidWorks и LightTools

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор, включающий в себя: Физические основы работы светодиода (рекомбинация, инжекция), процесс вывода излучения из светодиода, передовые мировые достижения по изготовлению высокоэффективных светодиодов и матриц белого цвета свечения, светодиодные излучающие элементы, анализ материалов и комплектующих для изготовления СИЭ, светодиоды, коммерческий клей, люминофор.</li> <li>2. Теоретическая разработка излучающего элемента для светодиодной лампы. Исследование и измерение характеристик, сравнение разных конструктивных решений СИЭ.</li> <li>3. Провести анализ полученных результатов. Сравнить теоретические расчеты и практические измерения световых величин светодиодного излучающего элемента.</li> <li>4. Дополнительные разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Презентация ВКР в Power Point</i></p>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p>Гаврикова Н. А., старший преподаватель, НИ ТПУ</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Кырмакова Ольга Сергеевна, ассистент каф. ЭБЖ, НИ ТПУ</p>
<p><i>Английский язык</i></p>	<p>Ботова А. Л. Старший преподаватель, НИ ТПУ</p>

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
<p>Аналитический литературный обзор</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Профессор</p>	<p>Вилисов Анатолий Александрович</p>	<p>Д. т. н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4ВМ4А</p>	<p>Постолова Евгения Олеговна</p>		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 32 рис., 32 табл., 19 источников, 1 прил.

Ключевые слова: источники света, светодиоды, конструкция, энергосбережение, светодиодный излучающий элемент, филаменты.

Объектом исследования является (ются) светодиодные излучающие элементы, использующиеся в светодиодных лампах общего назначения.

Цель работы – модернизация светодиодных излучающих элементов, использующихся в светодиодных лампах общего назначения.

В процессе исследования проводились теоретические и практические расчёты, создание макета.

В результате исследования рассмотрены несколько вариантов исполнения светодиодных излучающих элементов, на основе анализа выбраны наиболее эффективные конструктивные решения данных излучающих элементов.

Степень внедрения: макет

Область применения: общее освещение

Значимость работы: разрабатывался макет светодиодных излучающих элементов, который в дальнейшем использовался для создания наиболее эффективной конструкции светодиодной лампы.

В будущем планируется дальнейшее модернизирование как СИЭ, так и всей конструкции светодиодной лампы на основе СИЭ.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В данной работе применены следующие сокращения:

**СИЭ** – светодиодный излучающий элемент.

**СИД** – светодиодный излучающий диод.

**КСС** – кривая силы света.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями [1]:

**Яркость источника света** — это световой поток, посылаемый в данном направлении, деленный на малый телесный угол вблизи этого направления и на проекцию площади источника на плоскость, перпендикулярную оси наблюдения.

**Световой поток** - физическая величина, характеризующая количество «световой» мощности в соответствующем потоке излучения.

**Коэффициент полезного действия (КПД)** — Отношение вышедшего из светильника светового потока к поглощаемой электрической мощности.

**Угол излучения** – угол между двумя воображаемыми линиями, расположенными на плоскости, через которую проходит оптическая ось излучения; эти линии проходят через центр передней части светодиодного модуля и через точки, находящиеся на плоскости, перпендикулярной к оптической оси излучения, и имеющие максимальный угол отклонения от оси, в которых сила света составляет 50 % наибольшей силы света излучения.

**Световая отдача источника** – отношение излучаемого потока к мощности, потребляемой источником света.



В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ РМЭК 62560–2011 «Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В.
2. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
3. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
4. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности N 123-ФЗ» от 22 июля 2008 года.
5. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
6. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
7. СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение».
8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
9. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
10. «Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы».

## Оглавление

Введение. ....	12
1. Аналитический обзор литературы. ....	14
1.1 Физические основы работы светодиода (рекомбинация, инжекция). ...	14
1.1.2 Процесс вывода излучения из светодиода. ....	15
1.2 Мировые достижения по изготовлению высокоэффективных светодиодов и матриц белого цвета свечения. ....	16
1.3 Светодиодные излучающие элементы. ....	19
1.4 Анализ материалов и комплектующих для изготовления СИЭ .....	21
1.4.1 Светодиоды.....	21
1.4.2 Коммерческий клей.....	23
1.4.3 Люминофор.....	24
1.5 Постановка задачи.....	30
2.1 Моделирование.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1.1 Моделирование светового поля от СИЭ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1.2 Моделирование теплового поля от СИЭ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3. Практическая часть .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Измерение зависимости освещенности от величины тока.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Измерение падения напряжения СИЭ от температуры.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Измерение Вольтамперных характеристик СИЭ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4. Социальная ответственность. ....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1 Техногенная безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1.1 Микроклимат .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1.2 Освещение.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1.3 Электромагнитное излучение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.1.3 Электробезопасность.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2 Региональная безопасность.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	33
5.1 Представление SWOT-анализа	34
5.1.1 Первый этап	34
5.1.2 Второй этап	37
5.1.3 Третий этап.	39
5.2 Инициация проекта	41
5.3 План управления коммуникациями проекта	44
5.4 Планирование управления научно-техническим проектом	44
5.4.1 Иерархическая структура работ проекта	44
5.4.2 Контрольные события проекта	45
5.4.3 План проекта	46
5.4.4 Бюджет научного исследования	47
Заключение.	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список публикаций студента	53
Список литературы:	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение (А)	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **Введение.**

В настоящее время, в мире актуальна проблема необходимости использования энергоэффективных технологий в различных сферах деятельности человека. И освещение является одной из неэффективных отраслей, где очень высоки потери электроэнергии.

Осветительные установки потребляют 14% от всей генерируемой энергии в России. По данным, приведенным Ю. Айзенбергом, за счет использования энергоэффективных устройств возможно сокращение потребления в сфере освещения на 40-50% [2].

Наиболее энергоэффективным источником света являются светодиодные лампы. Они имеют высокую световую отдачу, высокую устойчивость к механическим нагрузкам, большой срок службы, экологичность, и т. д.

На данный момент, одним из перспективных направлений энергосбережения в освещении является создание светодиодных ламп на основе нитевидных светодиодов (filament leds). Данные лампы являются заменой лампы накаливания, то есть имеют габаритные размеры и форму соизмеримые лампе накаливания.

В данной работе необходимо модернизировать светодиодный излучающий элемент (СИЭ), т. е. исследовать такие вопросы, как:

- Выбор оптимальной формы и размеров СИЭ.
- Выбор наиболее эффективных источников света для СИЭ.
- Программное моделирование СИЭ, для исследования теплового и светового распределения в пространстве.
- Исследование необходимости в дополнительном оборудовании для нормальной работы СИЭ.

- Улучшение светораспределения, путем исправления провала в ксс, наблюдающегося у подавляющего количества подобных ламп на основе СИЭ.
- Изготовление и испытание макетов светодиодных излучающих элементов (СИЭ) для применения в светодиодной лампе.

## **1. Аналитический обзор литературы.**

### **1.1 Физические основы работы светодиода (рекомбинация, инжекция).**

Светодиод – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении [3].

Физической основой СИД является инжекционная люминесценция. Механизм инжекционной люминесценции в СИД состоит из 3-х основных этапов [3]:

- инжекция избыточных неосновных носителей заряда;
- излучательная рекомбинация;
- вывода излучения из области генерации.

Рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках бывает излучательной, т. е. с испусканием фотонов, и безызлучательной. В излучающих устройствах преобладает первый тип рекомбинации. Однако на практике безызлучательную рекомбинацию никогда не удастся свести к нулю. Таким образом, в полупроводниках всегда происходит конкуренция между двумя видами рекомбинации [4].

Независимо от того, является полупроводник легированным или нет, в нем всегда присутствуют оба типа свободных носителей: электроны и дырки. При условиях равновесия, т. е. когда материал не подвергается никаким внешним воздействиям, например воздействию света и электрических полей, выполняется закон действующих масс, который гласит, что произведение концентраций электронов и дырок при заданной температуре является константой. Избыток носителей в полупроводниках создается при поглощении фотонов либо при инжекции в материал электронов. Суммарная концентрация носителей равна сумме их

равновесных концентраций и концентрации соответствующих избыточных носителей.

Виды рекомбинации:

1. Межзонная рекомбинация, при которой электрон переходит из зоны проводимости в валентную зону, рекомбинируя с дыркой и излучая энергию, несколько большую ширины запрещенной зоны.
2. Рекомбинация свободных носителей заряда на примесных центрах: электрон – акцептор или дырка – акцептор, при которой носители захватываются примесными центрами, а затем рекомбинируют со свободным носителем противоположного знака.
3. Межпримесная, или донорно-акцепторная рекомбинация, при которой носители захватываются примесными центрами, а затем электрон переходит с донора на акцептор в процессе акта излучательной рекомбинации; для такого перехода необходимо частичное перекрытие волновых функций электрона и дырки.
4. Рекомбинация связанных экситонов, при которой примесный центр захватывает электрон и дырку, так что возбуждение целиком локализуется вблизи центра, после чего осуществляется излучательная рекомбинация.
5. Экситонная рекомбинация, при которой электрон и дырка перед актом излучения соединяются в свободный экситон, освободив часть энергии, равную энергии связи экситона.

### **1.1.2 Процесс вывода излучения из светодиода.**

Из-за потерь от кристалла светодиода может быть выведена лишь часть сгенерированного излучения [3].

Виды потерь, при выводе излучения из кристалла светодиода:

1. Френелевские потери.

2. Потери при поглощении материала светодиода.
3. Потери, связанные с критическим углом (потери за счет полного внутреннего отражения).

Коэффициент оптического вывода излучения:

$$n_{extract} = (P/(hv))/(P_{int}/(hv)),$$

Где  $P$  – мощность оптического излучения вышедшего за пределы кристалла светодиода,  $P_{int}$  – мощность оптического излучения сгенерированного в активной области светодиода.

## **1.2 Мировые достижения по изготовлению высокоэффективных светодиодов и матриц белого цвета свечения.**

В 1996 г. в компании Nichia японскому инженеру Суджи Накамура удалось впервые получить светодиод белого света [5]. Эту дату можно считать началом светодиодной революции, которая дала возможность использовать в осветительных системах принципиально новый, высокоэффективный источник света. Это революционное открытие послужило началом бурного развития технологий производства в различных компаниях.

В дальнейшем, на основе гетероструктур, стали изготавливать так называемые сверхяркие светодиоды, которые возможно было использовать в светотехнике. Первой компанией, которая начала создавать сверхяркие светодиоды, излучающие в красном диапазоне спектра, - компания Hewlett-Packard [5]. Позже появились яркие оранжевые и желтые диоды на основе фосфидов и арсенофосфидов галлия. Данные СИД стали иметь спрос в автомобильной индустрии. Однако, как источники света для общего освещения, они не годились. Чтобы получить белый свет требовалась синяя составляющая спектра - нужно было создать сверхяркий синий светодиод и такой состав люминофора, чтобы часть испускаемого



синего излучения проходила сквозь люминофор, не взаимодействуя с ним, а часть преобразовывалась в излучение желтого цвета.

Чтобы облегчить светодиодной технологии вход на рынок общего освещения, в Японии, США, Южной Корее и некоторых других странах были разработаны государственные программы поддержки. Бюджет американской светодиодной программы 2010 года составлял 140 миллионов долларов [5]. Помимо программ были введены технологические коридоры, предусматривающие вывод из эксплуатации низкоэффективных традиционных источников света.

Производители светодиодов между тем продолжают активно совершенствовать технологию. Световая отдача лучших современных серийных светодиодов уже достигла 160 лм/Вт. Другими словами, светодиоды по эффективности превзошли натриевые лампы высокого давления - самые эффективные из традиционных источников света (их световая отдача составляет 140-150 лм/Вт). И 160 лм/Вт - это не предел. В апреле 2010 года в лаборатории американской компании Сгее, ведущего производителя светодиодных чипов и светодиодов, было достигнуто рекордное значение световой отдачи - 254 лм/Вт (это уже совсем близко к теоретическому пределу светоотдачи для белых светодиодов - около 300 лм/Вт).

Исследователи Nichia опубликовали результаты исследования [6] в научном журнале в 2010 году. Команда изготовила три типа мощных белых светодиода, в каждом из которых был ряд усовершенствований в структуре для улучшения их светимости и яркости, и уменьшения рабочего напряжения.

Также исследователи Nichia создали белый светодиод, световая отдача которого достигает 265 лм / Вт при 5 мА тока, или 249 лм / Вт при токе 20 мА, значений, которые почти достигают теоретического предела.

Тем не менее, у этой конструкции есть недостаток, а именно низкий световой поток, около 14,4 лм. Также исследователи продемонстрировали два белых светодиода: один со значениями 203 лм и 183 лм / Вт при 350 мА, и второй (как упоминалось выше) со значениями 1913 лм и 135 лм / Вт на 1 А. Этот последний белый светодиод был изготовлен путем соединения четырех мощных синих светодиодов в серию.

Все три белых светодиодных чипа созданы на основе серии синих светодиодов, которые покрыты желтым люминофором для достижения более широкого спектра излучения. Когда синее излучение от светодиода смешивается с излучением от люминофора, устройство производит белый свет. Так как красная часть спектра, излучаемого первоначально, была низкой, исследователи также добавили красный люминофор для усиления красного излучения и создания более сбалансированного спектра. В целом, исследователи отметили, что цветопередача в этой конструкции является самой высокой из всех источников белого света.

Для оптимизации световой эффективности [5], исследователи сосредоточились на одной из ключевых проблем светодиодов: электроды, как правило, поглощают часть света, который в противном случае может выйти из устройства и увеличить его светимость. Чтобы уменьшить поглощение на электроде, исследователи использовали контакт из оксида индия-олова в качестве одного из электродов, а также использовали узорчатую сапфировую подложку (рис. 1.1) для наиболее эффективного вывода света. Исследователи также оптимизировали устройство для снижения рабочего напряжения от 3,08 до 2,80 В.

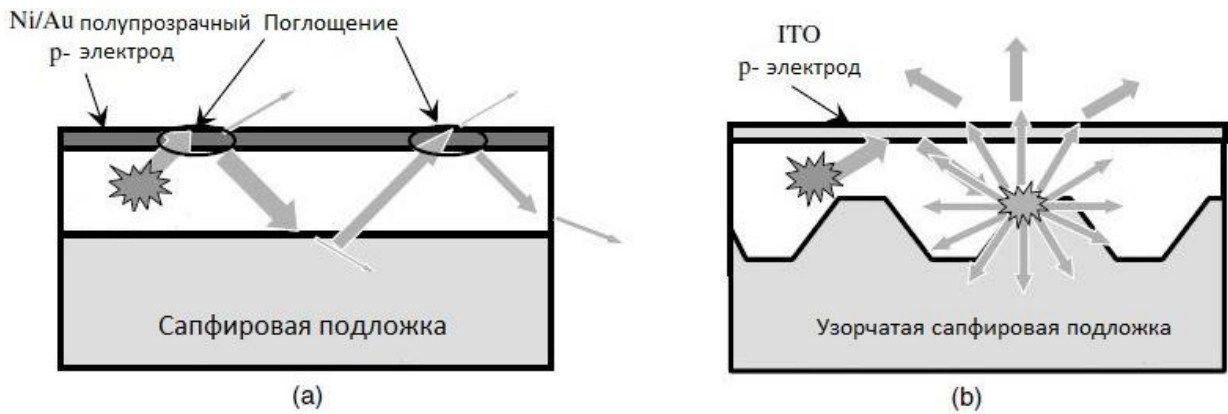


Рисунок 1.1 – Распространение излучения от СИД при: а) обычной сапфировой подложки и контактов, б) узорчатой сапфировой подложки и контактов из индий-оксида олова

### 1.3 Светодиодные излучающие элементы.

Лампа накаливания — искусственный источник света, в котором свет испускает нить накала, нагреваемая электрическим током до высокой температуры. В качестве тела накала чаще всего используется спираль из тугоплавкого металла (чаще всего — вольфрама), либо угольная нить. Чтобы исключить окисление тела накала при контакте с воздухом, его помещают в вакуумированную колбу, либо колбу, заполненную инертными газами или парами галогенов. Нить накала, потребляя электроэнергию, преобразует 5% в видимое излучение, имеет низкий КПД [7].

СИЭ - светодиодный аналог отрезка нити накаливания — представляет собой стержень из искусственного сапфира или стекла, металлической подложки длиной диаметром 1,5 мм и длиной 30 мм [8] (рис. 1.2). На нем при помощи технологии СОВ размещены 28 светодиодов синего свечения, которые соединены последовательно. В некоторых моделях СИЭ может содержать несколько светодиодов красного свечения для достижения более теплого оттенка свечения, при этом общее число светодиодов в СИЭ также равно 28. Сверху нанесен слой люминофора на

силиконовой основе. Потребляемая мощность одного СИЭ лежит в пределах 0,8-1,3 Вт.

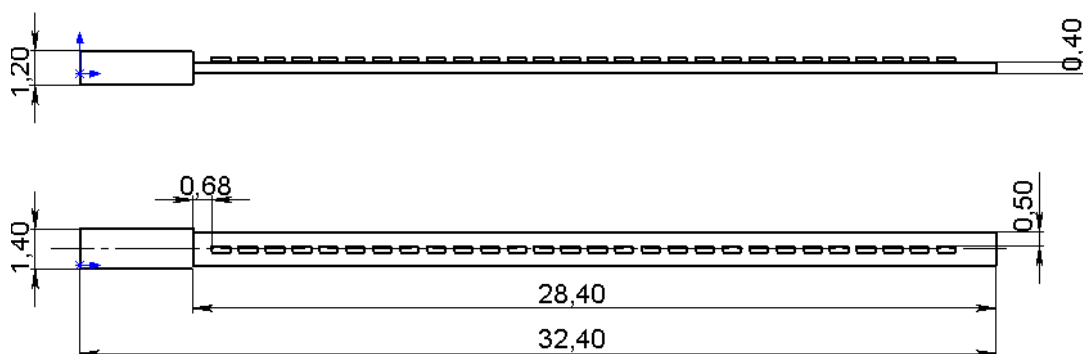


Рисунок 1.2 – Внешний вид и размеры СИЭ

Каждый конец нити имеет металлический электрод для дальнейшей сборки. Рисунок 1.3 показывает процесс изготовления светодиодной нити.

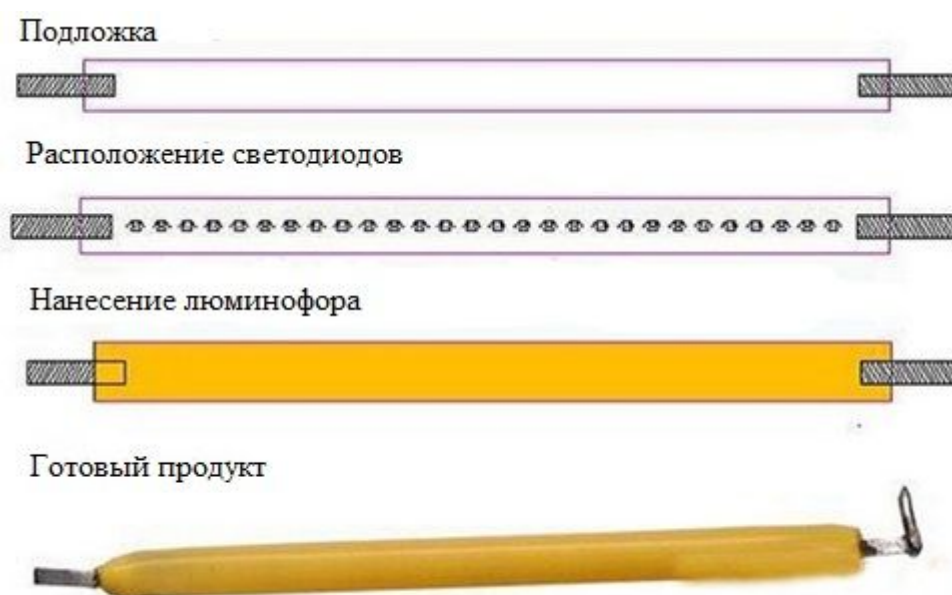


Рисунок 1.3 – Процесс создания СИЭ

Важным преимуществом СИЭ по сравнению с традиционными светодиодными матрицами является то, что для равномерного распределения света во все стороны не нужно использовать сложную

оптическую систему, вносящую большие потери. Это обеспечивает высокий КПД лампы. Мощность, подводимая к СИЭ, в 1,5 раза выше, чем к традиционной светодиодной матрице, при равном значении светового потока.

В данной работе для создания СИЭ используется металлическая подложка из алюминия, а также светодиодные кристаллы, имеющие длину волны от 445 до 465 нм.

## **1.4 Анализ материалов и комплектующих для изготовления СИЭ**

### **1.4.1 Светодиоды.**

Для работы были выбраны три типа источников света, такие как:

- Светодиодные кристаллы;
- Светодиодные мощные матрицы модели ES и ED.

Образцы излучающих элементов изготовлены с использованием кристаллов InGaN/GaN планарного типа на сапфировой подложке фирмы Epistar.

- 1) Светодиодные кристаллы с длиной волны излучения  $\lambda = 460$  нм. На подложке расположены 28 излучающих элементов, световой поток одной линейки равен 100 Лм, мощность линейки 1Вт. Расположение контактов и габаритные размеры, а так же количество и размеры слоев можно посмотреть на рисунке 1.4.

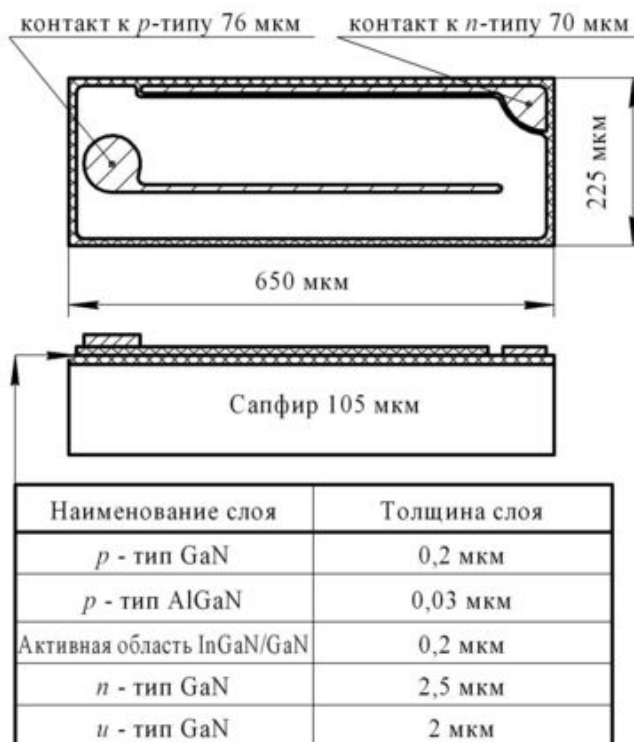


Рисунок 1.4 – Светодиод Epistar, и его характеристики

2) Светодиодные матрицы, модель матрицы ES, характеристики и габаритные размеры чипов представлены в таблице 1.1.

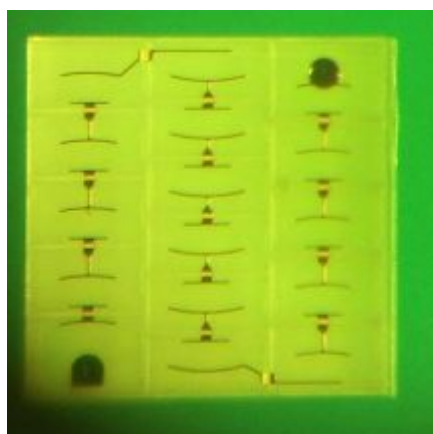


Рисунок 1.5 – Светодиодная матрица ES Epistar, и его характеристики

Таблица 1.1. Характеристики светодиодной матрицы ES

Мощность, Вт	0,45
Ток, мА	10
Габаритные размеры, мм	2x2x0,1
Диапазон длин волн, нм	454-455

- 3) Светодиодные матрицы, фирмы Epistar, модель матриц ED. Характеристики матриц представлены в таблице 1.2.

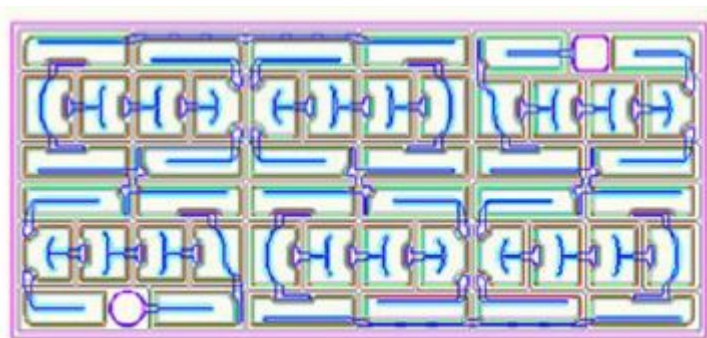


Рисунок 1.6 – Светодиодная матрица ED Epistar

Таблица 1.2. Характеристики светодиодной матрицы ED.

Мощность, Вт	0,85
Ток, mA	10
Габаритные размеры, мм	2,032x0,915x0,15
Диапазон длин волн, нм	445-465

#### 1.4.2 Коммерческий клей.

Для закрепления кристаллов на металлической подложке использовался теплопроводящий силиконовый диэлектрический клей Dow Corning OE-8001. Отверждается без образования побочных продуктов. Характеризуется высокой стабильностью характеристик и устойчивостью к воздействию температуры и светового излучения. Наносится методом дозирования из шприца. Отличительные особенности: высокая устойчивость к воздействию тепла и светового излучения; высокая адгезионная прочность; цвет – прозрачный.

Отверждение клея проводилось в низкотемпературной лабораторной электропечи в воздушной среде. В электропечи предусмотрены отверстия для удаления влаги из рабочей камеры и ее вентиляции. В камере электропечи находится вентилятор, что обеспечивает принудительную конвекцию в рабочей камере и равномерность температуры в различных ее частях.

### 1.4.3 Люминофор.

С недавних пор люминофоры со структурой граната, активированные церием стали использовать для светоизлучающих диодов белого цвета свечения (СИД). Традиционная структура СИД «белого» цвета свечения содержит InGaN- кристалл с высокой яркостью свечения (излучающий в области 430-475 нм), покрытый люминофором на основе иттрий - алюминиевого граната, в котором возбуждается жёлто- зелёное или жёлто-оранжевое свечение [9].

Однородность цвета и эффективность источников белого света сильно зависит от *пространственного расположения люминофора*. Существует два варианта расположения люминофора внутри источника: *ближнее* и *удаленное*. Причем ближнее расположение люминофора бывает 2 типов: по всему объему и наиболее близко к кристаллу (конформное расположение) (рисунок 5, *а* и *б*). При удаленном расположении люминофор находится на максимально удаленном расстоянии от кристалла светодиода.

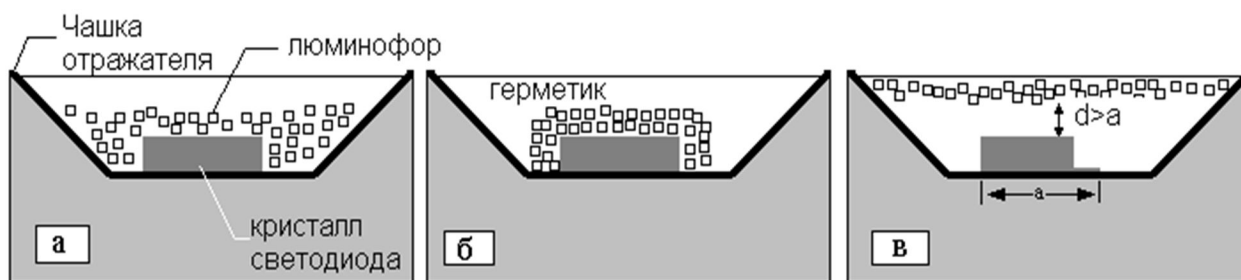


Рисунок 1.7 – Расположение люминофора: *а* — ближнее расположение люминофора; *б* — ближнее конформное; *в* — удаленное, при котором люминофор и кристалл разделены расстоянием, как минимум превышающим поперечные размеры кристалла

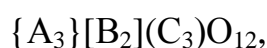
В структурах с удаленным люминофором существенно снижается вероятность попадания излучения на полупроводниковый кристалл с низкой отражающей способностью. Это объясняется тем, что в таких структурах первичный источник (полупроводниковый кристалл)



пространственно удален от вторичного источника (люминофора). Если расстояние между кристаллом и люминофором превышает поперечные размеры кристалла, т.е.  $d > a$ , как показано на рисунке 1.7, в, вероятность попадания излучения люминофора на поверхность полупроводника существенно снижается. В результате значительно повышается эффективность таких источников [10].

### Кристаллохимические особенности соединений со структурой граната

Как известно [11], в элементарную ячейку соединений структурного типа граната (пространственная группа  $Ia\bar{3}d$  ( $O^h_{10}$ )) входят восемь формульных единиц (всего 160 атомов). Для удобства формулу гранатов можно записать как:



где фигурными, квадратными и круглыми скобками выделены катионы, занимающие с-, а- и d-кристаллографические позиции соответственно. В-атомы занимают 16 октаэдрических а-положений ( $C_{3i}$ ), С-атомы - 24 тетраэдрических d-положения ( $S_4$ ); а-узлы образуют объёмно-центрированную кубическую решётку, 24 А-иона находятся в додекаэдрических ( $D_2$ ) с-позициях. Структура граната приведена на рис.1.8.

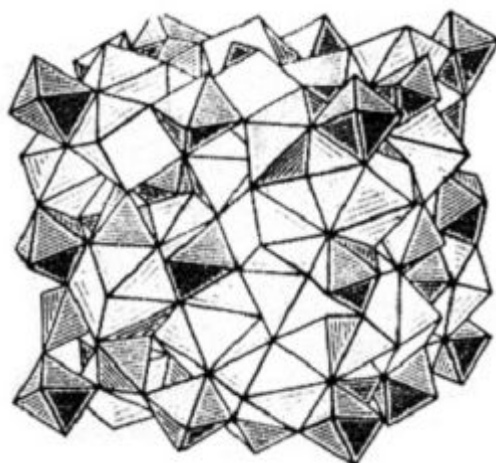


Рисунок 1.8 – Структура граната

Используемые люминофоры:

С помощью электронного сканирующего микроскопа SEM TM-1000 с системой микроанализа Hitachi TM-1000[5] была проведена оценка размеров частиц, а так же с помощью спектроколориметра ТКА-ВД произведен коллометрический анализ люминофора [12]. Результат исследования представлен ниже.

Люминофор Y571M15 представляет собой иттрий-алюминиевый гранат. Его процентный состав представлен на рисунке 1.9.

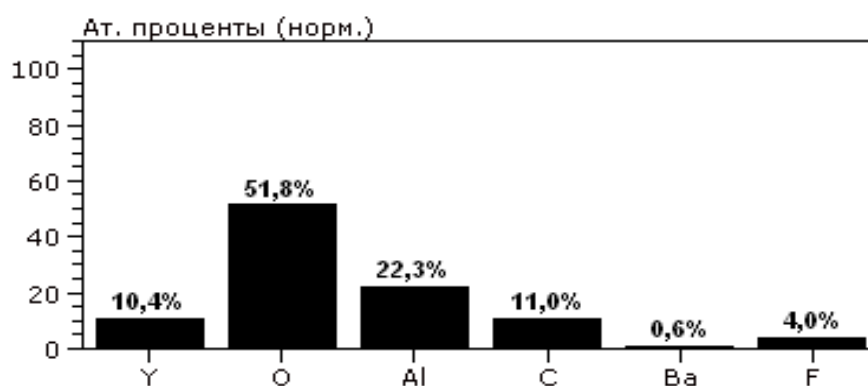


Рисунок 1.9 – процентный состав люминофора Y571M15

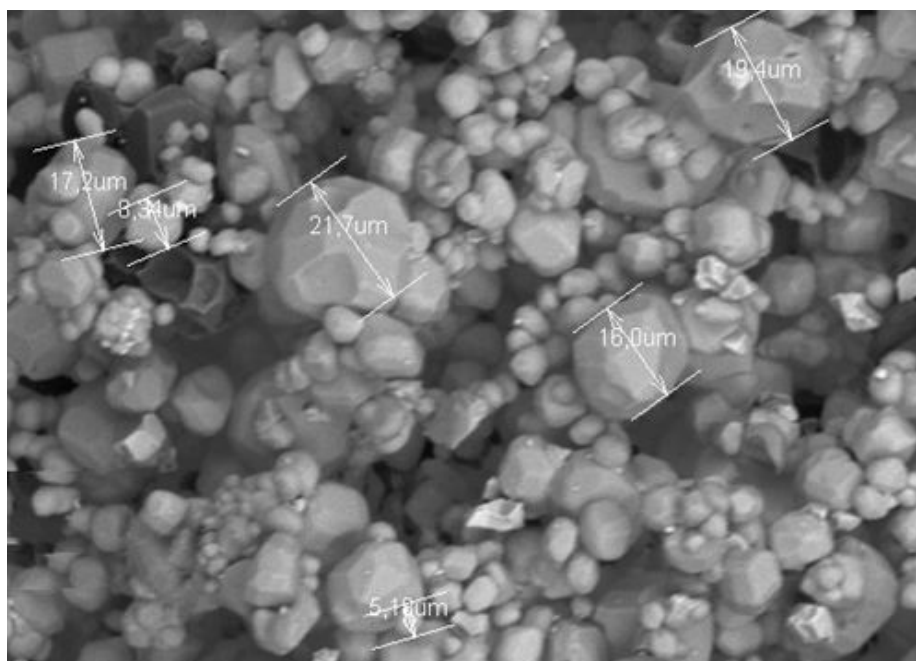


Рисунок 1.10 – Размеры частиц Y571M15 (увеличение x1200)

На рисунке 1.10 приведены размеры частицы люминофора при 1200-кратном увеличении, они составляют приблизительно от 9 мкм до 20 мкм. На цветовой диаграмме координаты цветности данного люминофора составляют  $u' = 0,212$ ;  $v' = 0,532$ ; что соответствует желтому цвету. Оценка цвета свечения люминофоров проводилась следующим способом. Синий светодиод освещал люминофор и отраженный свет падал на светочувствительный элемент спекроколориметра.

Люминофор ВУ-102А состоящий из палладия, хлора и хрома (рис. 1.11). Был исследован аналогично. Размеры его частиц представлены на рисунке 1.12. Цветовые координаты по диаграмме составляют  $u' = 0,215$ ;  $v' = 0,548$ ; что соответствует желтому цвету.

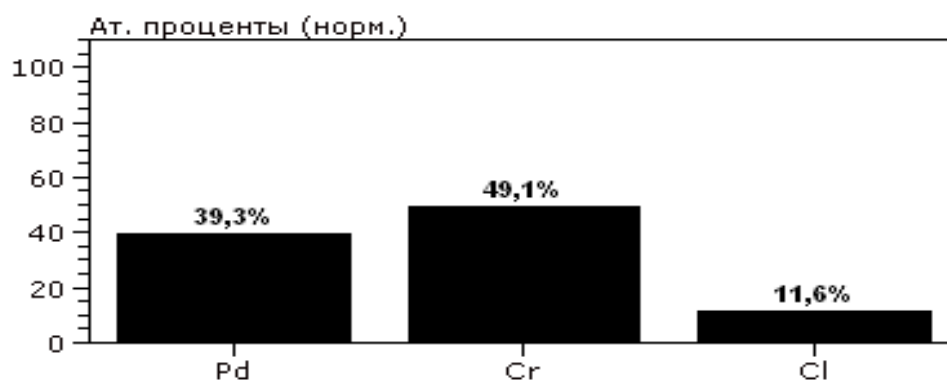


Рисунок 1.11 – процентный состав люминофора ВУ-102А

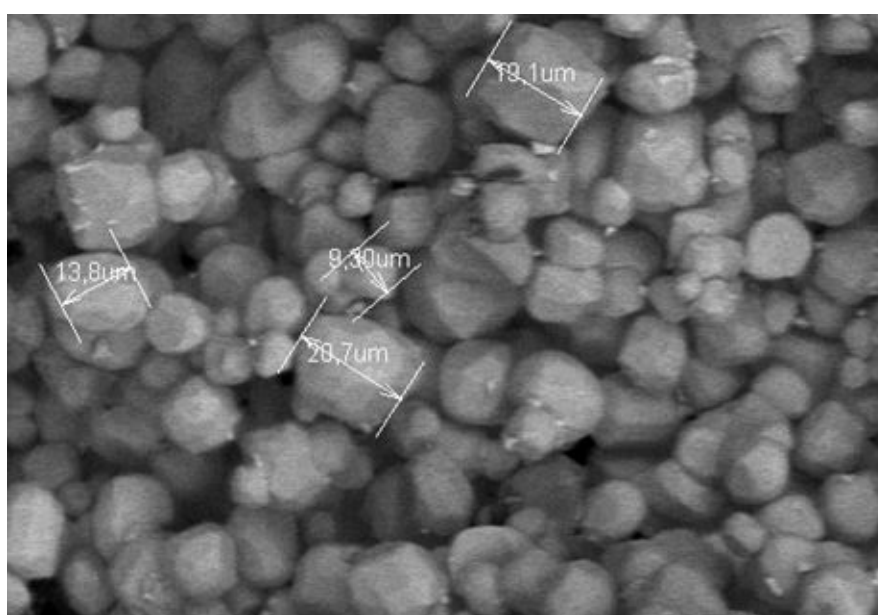


Рисунок 1.12 – Размеры частиц ВУ-102А (увеличение x1000)

Состав люминофора 00902 представлен на рисунке 1.13.

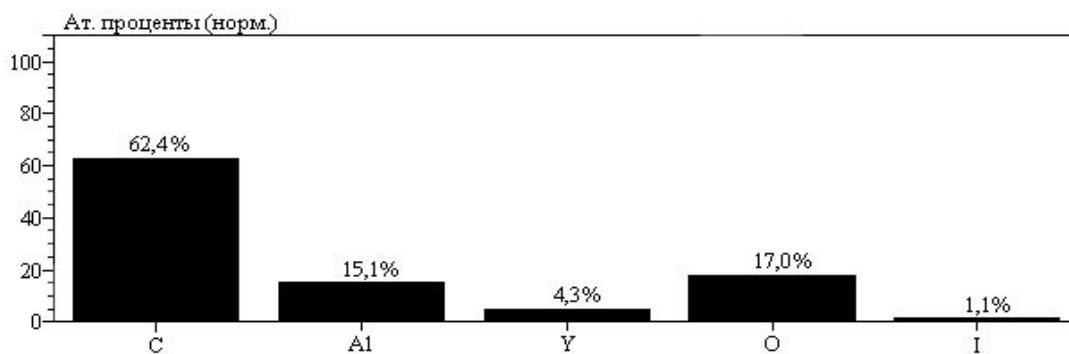


Рисунок 1.13 – процентный состав люминофора 00902

На рисунке 1.14 представлены спектры излучения люминофора ВУ102А при возбуждении различными длинами волн.

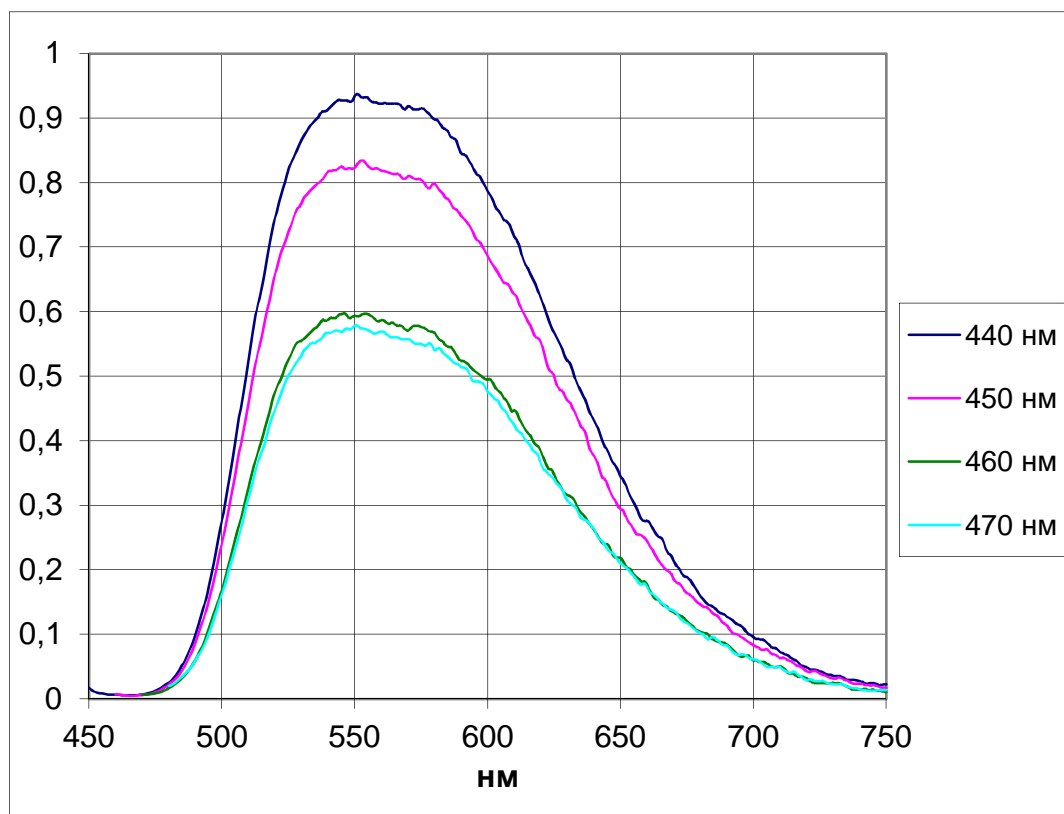


Рисунок 1.14- Спектры возбуждения люминофора ВУ102А

На данном рисунке видно, что образец ВУ102А имеет максимум излучения на длине волны  $\lambda = 550$  нм при возбуждении монохроматическим источником излучения с длиной волны  $\lambda_{ex} = 440$  нм, яркость свечения составляет 0,94 отн. ед.

На рисунке 1.15 представлены спектры излучения люминофора У571М15 при возбуждении различными длинами волн.

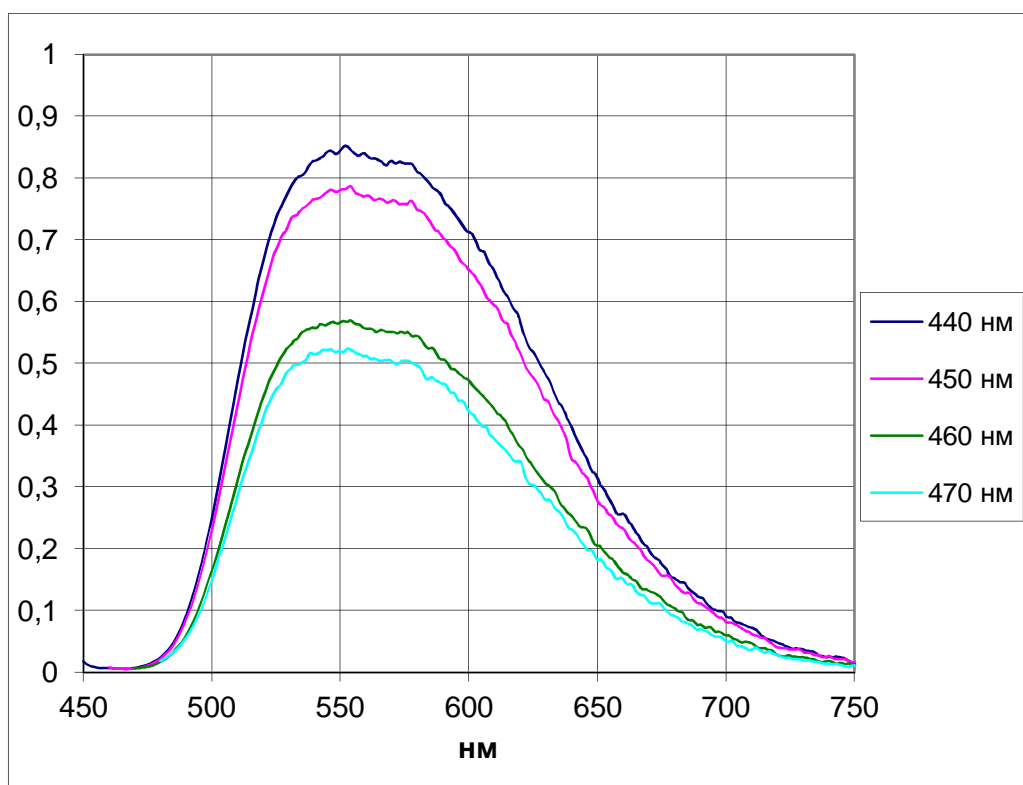


Рисунок 1.15 - Спектры возбуждения люминофора Y571M15

Из рисунка 1.15 видно, что образец Y571M15 имеет максимум излучения на длине волны  $\lambda = 552$  нм при возбуждении монохроматическим источником излучения с длиной волны  $\lambda_{ex} = 440$  нм, яркость свечения составляет 0,85 отн. ед.

### 1.5 Постановка задачи.

В данной работе необходимо сконструировать несколько светодиодных излучающих элементов, на основе светодиодов, а также исследовать характеристики полученных СИЭ, их светораспределение, тепловое распределение. И на основе данного анализа выбрать наиболее эффективное конструктивное решение для СИЭ. Результатом работы станет макеты ламп на основе данных СИЭ.

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

Институт	<b>ИФВТ</b>
Направление подготовки (специальность)	<b>Оптотехника</b>
Уровень образования	Магистратура
Кафедра	<b>ЛИСТ</b>
Период выполнения	осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ВМ4А	Постоловой Евгении Олеговне

Тема работы:

«Модернизация светодиодной лампы общего назначения»	
Утверждена приказом директора	Яковлев А. Н.

Форма представления работы:

<i><b>Магистерская диссертация</b></i>
--

**ЗАДАНИЕ**

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</b>	
Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>SWOT-анализ</i>
<i>1. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>1. Цели и результаты проекта 2. Организационная структура проекта 3. Иерархическая структура работ 4. Контрольные события проекта 5. План проекта</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ)  1. Расчет материальных затрат НТИ  2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ  3. Основная заработная плата исполнителей темы</i>

	<p>4. Отчисления на социальные нужды</p> <p>5. Накладные расходы</p> <p>6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</p>
--	--

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. SWOT -анализ
2. Календарный график проведения исследования в виде диаграммы Ганта
3. Бюджет проекта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ВМ4А	Постолова Евгения Олеговна		



## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

В данной выпускной квалификационной работе производилась модернизация светодиодного излучающего элемента светодиодных ламп общего назначения. Ведь, проанализировав рынок светодиодной продукции, стало понятно, что на сегодняшний день многие лампы подобного типа имеют ряд недостатков, которые необходимо исправить. Как уже сказано выше, это такие недостатки, как: провал, наблюдающийся в КСС светодиодных ламп, так же определение необходимости использования теплоотводящих устройств в конструкциях ламп. Впоследствии были выбраны наиболее эффективные параметры для работы лампы, произведены необходимые измерения и расчёты, выбрано наиболее эффективное расположение светодиодных кристаллов на подложке.

В данной работе в качестве методики анализа был выбран SWOT-анализ ламп со светодиодными излучающими элементами.

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [15]. Таким образом, целью организационно-экономического раздела является выявление сильных и слабых сторон объекта ВКР, которые рассматриваются как внутренние факторы, а также изучение внешних факторов, каковыми являются возможности и угрозы, для получения четкого представления основных направлений развития данной светодиодной лампы и ее составляющих.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи: выявить сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы внешней среды, связать сильные и слабые стороны с возможностями и угрозами, проанализировать полученные результаты.

## **5.1 Представление SWOT-анализа**

Сильные (S) и слабые (W) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа, (то есть тем, на что сам объект способен повлиять); возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом)[11].

### **5.1.1 Первый этап**

Первый этап - матрица SWOT (таблица 5.1).

Таблица 5.1 - матрица SWOT

	<p>Сильные стороны светодиодных ламп на основе данного СИЭ:</p> <p>С1– заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p> <p>С2– экологичность технологии;</p> <p>С3– низкая стоимость;</p> <p>С4 – не требует дополнительного оборудования при замене;</p> <p>С5 – простота конструкции;</p> <p>С6 – квалифицированный персонал.</p> <p>С7 – использование конструкции СИЭ в массовом производстве уже на данный момент</p> <p>С8– отсутствие необходимости использования дополнительных теплоотводящих устройств</p>	<p>Слабые стороны светодиодных ламп на основе данного СИЭ:</p> <p>Сл1 – высокая ослепленность;</p> <p>Сл2 – высокая яркость;</p> <p>Сл3 – большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования;</p> <p>Сл4 – Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ;</p> <p>Сл5 – Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 – Повышение спроса;</p> <p>В2 – Модернизирование и улучшение;</p> <p>В3 – Улучшение температурного режима работы;</p> <p>В4 – Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p>В5 – Использование инновационной инфраструктуры ТПУ и ТУСУР;</p> <p>В6 – Участие в различных мероприятиях, поддерживающих развитие научных проектов</p>		

<p>Угрозы:</p> <p>У1 – Отсутствие спроса;</p> <p>У2 – Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;</p> <p>У3 – Развитая конкуренция технологий производства;</p> <p>У4 – Ограничения на экспорт технологии;</p> <p>У5 – Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>		
---	--	--

### 5.1.2 Второй этап

Второй этап - интерактивная матрица проекта (таблица 5.2). Выявление соответствия сильных и слабых сторон ЛСС внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 5.2 - интерактивная матрица «сильные стороны и возможности»

Возможности	Сильные стороны								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	B1	+	+	+	+	+	+	+	+
	B2	+	-	+	-	+	+	+	+
	B3	+	-	+	-	-	+	+	-
	B4	-	-	+	-	-	-	-	-
	B5	+	+	+	-	-	+	+	-
	B6	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 5.3 - интерактивная матрица «слабые стороны и возможности»

Возможности	Слабые стороны					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	+	+	-	+	-
	B3	-	-	-	0	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	+	+	-	+	+
	B6	-	-	-	+	+

Таблица 5.4 - интерактивная матрица «сильные стороны и угрозы»

Угрозы	Сильные стороны								
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	У1	-	-	+	-	-	+	+	-
	У2	-	-	+	-	-	+	-	-
	У3	-	-	+	-	-	+	+	-
	У4	-	-	+	-	-	-	+	-
	У5	-	-	+	-	-	+	+	-

Таблица 5.5 – интерактивная матрица «слабые стороны и угрозы»

Угрозы	Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
У1	-	-	-	-	+
У2	+	+	-	+	-
У3	-	-	-	+	-
У4	-	-	-	+	-
У5	-	-	+	+	+

### 5.1.3 Третий этап.

Таблица 5.6 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны светодиодных ламп на основе данного СИЭ:</p> <p>С1– заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p> <p>С2– экологичность технологии;</p> <p>С3– низкая стоимость;</p> <p>С4 – не требует дополнительного оборудования при замене;</p> <p>С5 – простота конструкции;</p> <p>С6 – квалифицированный персонал.</p> <p>С7 – использование конструкции СИЭ в массовом производстве уже на данный момент</p> <p>С8– отсутствие необходимости использования дополнительных теплоотводящих устройств</p>	<p>Слабые стороны светодиодных ламп на основе данного СИЭ:</p> <p>Сл1 – высокая ослепленность;</p> <p>Сл2 – высокая яркость;</p> <p>Сл3 – большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования;</p> <p>Сл4 – Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ;</p> <p>Сл5 – Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1 – Повышение спроса;</p> <p>В2 – Модернизирование и улучшение;</p> <p>В3 – Улучшение температурного режима работы;</p> <p>В4 – Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p>В5 – Использование инновационной инфраструктуры ТПУ и ТУСУР;</p> <p>В6 – Участие в различных</p>	<p>Выбрать оптимальное расположение СИЭ путем испытаний макетов, для эффективного светораспределения.</p> <p>Минимизировать габариты лампы.</p> <p>Разработать уникальную конструкцию СИЭ.</p> <p>Выбрать наиболее оптимальную толщину люминофора, наносимого на СИЭ.</p>	

<p>мероприятий, поддерживающих развитие научных проектов</p>		
<p>Угрозы:  У1 – Отсутствие спроса;  У2 – Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;  У3 – Развитая конкуренция технологий производства;  У4 – Ограничения на экспорт технологии;  У5 – Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Реклама на различных информационных ресурсах.  Участие на конференциях и ярмарках.</p>	<p>Расчет и доработка СИЭ.  Изменение всей конструкции лампы.</p>



## 5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации будут описаны изначальные цели и содержание. Показаны внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. Основные моменты устава проекта будут описаны ниже по пунктам.

### 1) Цели и результаты проекта

Данные раздела сведены и представлены в таблице 5.7 и таблице 5.8.

Таблица 5.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТУСУР НИИ светодиодные технологии	Подтверждения результатов исследования по модернизации светодиодных излучающих элементов
ООО «РУСЛЕД»	Готовая конструкция вариаций светодиодного излучающего элемента.

Таблица 5.8 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Модернизация светодиодного излучающего элемента ленточного типа в лампе общего назначения
Ожидаемые результаты проекта:	Улучшение характеристик светового распределения светодиодной лампы
Критерии приемки результатов:	Световое поле, тепловое поле
Требование к результату проекта	Требования:
	Равномерное распределение силы света
	Температура на светодиодах в пределах допустимого
	Большой срок службы

## 2) Организационная структура проекта

На данном этапе работы были решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определены роли каждого участника проекта, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и трудозатраты в проекте. Данные по организационной структуре описаны в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, дни.
1	Вилисов А.А. НИ ТПУ, профессор	Руководитель проекта	Руководить, координировать	2
2	Солдаткин В.С. ТУСУР, ст. преподаватель	Эксперт проекта	Консультировать, направлять	9
3	Неверовский К.А. НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	23
4	Постолова Е.О. НИ ТПУ, студент	Исполнитель проекта	Выполнение работ по проекту	73
ИТОГО:				107

### 3) Ограничения и допущения проекта

Все имеющиеся данные по ограничениям и допущениям описаны и сведены в таблице 5.10

Таблица 5.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Сроки проекта:	
3.1.1 Дата утверждения плана управления проектом	05.01.2016
3.1.2 Дата завершения проекта	15.05.2016

### 5.3 План управления коммуникациями проекта.

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 5.11 – План управления коммуникациями проекта

№ п/п	Информация	Передача информации	Прием информации	Сроки
1.	Статус проекта	Солдаткин В. С.	Представителю ООО «РУСЛЕД»	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Постолова Е.О. Неверовский К.А.	Солдаткину В.С. Вилисову А.А.	Ежедневно
3.	Документы и информация по проекту	Постолова Е.О. Неверовский К.А.	Вилисову А.А.	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Постолова Е.О. Неверовский К.А.	Вилисову А.А. Солдаткину В.С. Комиссии ГПО	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 5.4 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.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

#### 5.4.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ, представлена на рисунке 5.12.



Рисунок 5.12 – Иерархическая структура работ по проекту

#### 5.4.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела определялись ключевые события проекта, их даты и полученные результаты, по состоянию на эти даты. Эта информация сведена в таблицу 5.13.

Таблица 5.13 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Аналитический обзор литературы	10.02.2016	Постановление задач на исследование
2	Изготовление СИЭ	20.02.2016	Начало первой фазы эксперимента
3	Моделирование светового поля	25.03.2016	Начало второй фазы эксперимента
4	Моделирование теплового поля	15.04.2016	Начало третьей фазы эксперимента
5	Измерение характеристик СИЭ	10.05.2016	Получен достаточный объем данных в исследовании

### 5.4.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта был построен календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представлен в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Аналитический обзор литературы	36	05.01.2016	10.02.2016	Постолова Е.О.
2	Изготовление СИЭ				Постолова Е.О. Неверовский К.А Солдаткин В.С.
2.1	Сборка линеек со светодиодами	3	10.02.2016	13.02.2016	
2.2	Заливка линеек люминофором	6	14.02.2016	20.02.2016	
3	Проведение эксперимента				
3.1	Построение светового поля	10	15.03.2016	25.03.2016	Неверовский К.А Постолова Е.О
3.2	Построение теплового поля	10	05.04.2016	15.04.2016	Неверовский К.А Постолова Е.О
3.3	Измерение характеристик СИЭ	25	15.04.2016	10.05.2016	Неверовский К.А Постолова Е.О
4	Анализ полученных данных				
4.2	Построение графиков зависимостей	2	15.05.2016	17.05.2016	Неверовский К.А Вилисов А.А.
4.3	Отчет по работе	3	17.05.16	20.05.2016	Неверовский К.А.
Итого:	145	05.01.2016	20.05.2016		
		6			

Таблица 5.15 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ										
				январь		февраль		март		апрель		май		
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	Аналитический обзор литературы	Исполнитель	36	■										
2.1	Сборка линеек со светодиодами	Исполнитель, консультант	3			■	■							
2.2	Заливка линеек люминофором	Исполнитель, консультант	6			■	■							
3.1	Построение светового поля	Исполнитель	10					■	■					
3.2	Построение теплового поля	Исполнитель	10							■	■			
3.3	Измерение характеристик СИЭ	Исполнитель	25								■	■	■	■
4.1	Построение диаграмм зависимостей	Руководитель, исполнитель	2										■	■
4.2	Отчет по работе	Исполнитель	3										■	■

■ – руководитель    □ – исполнитель    ■ –консультант

#### 5.4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям.

- 1) Сырье, материалы, покупаемые изделия и полуфабрикаты

Результаты по данной статье записаны в таблице 5.16.

Таблица 5.16 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Люминофор	Е 560, 50 г	3	1000	3000
Оформление документации	Лист А4	45	2	90
Всего за материалы				3090
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				155
Итого по статье С <sub>м</sub>				3245

## 2) Специальное оборудование для научных работ

Результаты по данной статье записаны в таблице 5.17.

Таблица 5.17 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования/Аморт отчисления, тыс.руб.
1	Ультразвуковая сварка	1	870	870/0.715
2	Сушильная печь	2	50	50/0.082

## 3) Основная заработная плата

Таблица 5.18 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Аналитический обзор литературы	Исполнитель	36	600	21600
2	Изготовление макетов ламп	Исполнитель	9	600	5400
		Консультант	9	1300	11700
3	Проведение эксперимента	Исполнитель	25	600	15000
		Исполнитель	20	600	12000
4	Анализ полученных данных	Руководитель	2	1300	2600
		Исполнитель	3	600	1800
		Исполнитель	3	600	1800
Итого:					71900



Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (1)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (2)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 12);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни. (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней	104	104	104	104
- выходные дни	14	14	14	14
- праздничные дни				

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.20 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_p$	$k_d$	$k_{пр}$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264	1,3	0	0	30243	1300	2	2600
Консультант	23264	1,3	0	0	30243	1300	9	11700
Исполнитель	11000	1,3	0	0	14300	600	73	43800
Исполнитель	11000	1,3	0	0	14300	600	23	16800

#### 4) Дополнительная заработная плата

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

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5)$$

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

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 5.21 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.21 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Консультант	Исполнитель	Исполнитель
Основная зарплата	2600	11700	43800	16800
Дополнительная зарплата	312	1404	5256	2016
Зарплата исполнителя	2912	13104	49056	18816
Итого по статье $C_{\text{зп}}$				83888

5) Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot 83888 = 22734 \quad , \quad (6)$$

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

б) Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,7 \cdot 83888 = 58722, \quad (7)$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости исследования очагов воздействия лазерного излучения на поверхности углеродистой стали. Все данные по статьям сведены в таблицу 5.22.

Таблица 5.22 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	3245
Амортизация спецоборудования для научных работ	797
Основная заработная плата	71900
Дополнительная заработная плата	8988
Отчисления на социальные нужды	22734
Прочие накладные расходы	58722
Итого плановая себестоимость	166386

### **Список публикаций студента**

1. Постолова Е.О. Оптическое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника: материалы межд. науч.- техн. конф./Научная сессия ТУСУР. – 2016
2. Постолова Е.О. Тепловое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника: материалы межд. науч.- техн. конф./Научная сессия ТУСУР. – 2016
3. Постолова Е.О. Оптическое моделирование светодиодной лампы/ К.А. Неверовский, Е.О. Постолова, К.Н. Афонин, Ю.В. Ряполова// IT-технологии и электроника: материалы межд. конф./Перспективы развития фундаментальных наук. – 2016. – 30(39)/7. – С. 96-99.
4. Постолова Е.О. Изготовление макетов светодиодных излучающих элементов/ К.Н. Афонин, Е.О. Постолова// Инновации – разработки и технологии: материалы межд. науч.-техн. конф/ Интернет – конференция ГПО ТУСУР. - 2015

