

Резюме проекта, выполненного

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 4/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.587.21.0012

Тема: «Разработка высокопреломляющих стекол и технологий инкорпорирования в них высокоэффективных люминофоров для мощных светоизлучающих диодов и матриц»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 21.08.2015 - 31.12.2017

Плановое финансирование проекта: 27.258 млн. руб.

Бюджетные средства 12.90 млн. руб.,

Внебюджетные средства 14.358 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики"

Иностранный партнер: Швейцарская федеральная лаборатория материаловедения и технологий

Иностранный партнер: Технический Университет Гамбурга

Ключевые слова: БЕЛЫЙ СВЕТОДИОД, СТЕКЛО С ВЫСОКИМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, НАНОПОРОШОК АЛЮМО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА С ЦЕРИЕМ, ЛЮМИНОФОР В СТЕКЛЕ, ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ СТЕКОЛ, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ, ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЦЕРИЯ, КВАНТОВЫЙ ВЫХОД ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

1. Цель проекта

Разработка высокопреломляющих стекол и методов введения в них нано- и микро-размерных порошков алюмо-иттриевого граната, активированного церием, для создания высокоэффективных композитов типа «люминофор в стекле» (phosphor in glass, PiG), используемых в мощных светодиодах и матрицах, излучающих белый свет.

2. Основные результаты проекта

На этапе 1:

Подготовлен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках проекта, в том числе обзор научных информационных источников.

Проведены патентные исследования в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011-96.

Разработана технология создания порошков YAG:Ce с размером частиц от 1000 до 5000 нм методом твердотельных реакций.

Разработана теоретическая модель распространения излучения в низкорассеивающем композите, описывающей прохождение света возбуждения длиной 450 нм и люминесценции длиной 560 нм в композите с размерами частиц от 10 до 1000 нм.

На этапе 2:

Разработаны составы прозрачных высокопреломляющих стекол, неактивированных и активированных Mn, Eu и Sm, с диапазоном показателя преломления 1,7-2,2. Для данных стекол разработаны разовые технологические регламенты создания лабораторных образцов. Созданы лабораторные образцы прозрачных высокопреломляющих стекол, неактивированных и активированных Mn, Eu и Sm, и по разработанной программе и методикам проведены их испытания основных характеристик.

Разработана технология создания порошков YAG:Ce с размером частиц 10-100 нм методом пламенного пиролиза аэрозолей.

Разработана численная модель распространения излучения низкорассеивающем композите, описывающая прохождение света возбуждения длиной 450 нм и люминесценции длиной 560 нм в композите с размерами частиц от 10 до 1000 нм.

На этапе 3:

Разработаны разовые технологические регламенты создания прозрачных нанокompозитных люминофоров типа «люминофор в стекле» методом спекания и золь-гель методом. Данные регламенты позволяют создавать образцы композитов с температурой спекания менее 600⁰C, с пропусканием не менее 80% в диапазоне 400 – 900 нм и квантовым выходом не менее 80%.

Разработана технология создания порошков TiO_2 с размером частиц 10-100 нм методом пламенного пиролиза аэрозолей с долей рутила в порошке не менее 30%.

Разработана численная модель изменения квантового выхода излучения из наночастиц при показателях преломления окружения от 1,7 до 2,2.

На этапе 4:

Созданы лабораторные образцы прозрачных нанокompозитных люминофоров типа «люминофор в стекле» методом спекания и золь-гель методом. Разработана программа и методики испытаний их основных характеристик Проведены испытания.

Создан лабораторный макет мощного светодиода с люминофором типа «люминофор в стекле». Эффективность диода составила 102 мкВт/Вт, Цветовая температура при этом была 4500К и индекс цветопередачи 87.

Разработана методика создания сверхтонких фрит из стекла с выбранным в ходе проекта химическим составом методом пламенного пиролиза аэрозолей.

Разработана технология создания порошков модифицированных гранатов, активированных церием, с размером частиц от 1000 до 5000 нм методом твердотельных реакций с использованием следующих ионов модификаторов: Gd, Ga, Cr, Tb.

Разработана численная модель вывода излучения возбуждения с длиной волны 450 нм и излучения люминесценции с длиной волны 560 нм для структурированных поверхностей с размерами шероховатости от 50 до 200 нм и 10 до 100 мкм.

Разработана численная модель вывода излучения возбуждения с длиной волны 450 нм и излучения люминесценции с длиной волны 560 нм из композитов произвольной формы и определение оптимальной формы композита

Дана оценка результатов выполнения проекта

Выполненный объем работ полностью соответствует поставленной цели и задачам проекта, перечню работ, прописанных в Плане-графике, техническим характеристикам и требованиям. Результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях по заданной тематике.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Изобретение заявка № 2017111930 от 07.04.2017 "Стекло", РФ.

Изобретение заявка № 2017111931 от 07.04.2017 "Стекло", РФ.

Программа для ЭВМ заявка № 2017663005 от 13.12.2017 "Анализ колориметрических характеристик источников белого излучения", РФ.

Программа для ЭВМ заявка № 2017663004 от 13.12.2017 "Расчет диаграммы направленности белых светодиодов, выполненных по технологии "дистанционный фосфор", РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Проект ориентирован на повышение светоотдачи и срока службы светодиодов и светодиодных устройств при снижении их стоимости. Люминофоры являются важным компонентом для повышения светоотдачи и улучшения цветового представления светодиодов. Применение композиционных материалов типа PiG позволяет сконструировать высокоэффективный светодиодный источник белого света с мощностью выше 15 Вт. Высокоэффективные светодиоды, основанные на новых композитах, позволят решить широкий спектр применения в архитектурной и промышленной области, в сфере общего наружного освещения зданий и транспортных магистралей. Высокоэффективные светодиодные источники можно также рассматривать для внутреннего освещения. В этом смысле выполнение работы полностью соответствует программе развития Технологической платформы (ТП) «Развитие российских светодиодных технологий», в частности, целям ТП, обозначенным как «...развитие в Российской Федерации отрасли по производству светодиодной продукции и ряда смежных отраслей...» и «...обеспечение конкурентоспособного мирового уровня НИОКР в сфере светодиодного освещения...». Реализация проекта напрямую способствует решению задач ТП по направлениям «Разработка белых светодиодов на основе синих светодиодных кристаллов с люминофорными покрытиями» и «Интегрированные светодиодные решения», а также может быть востребована для решения задач по направлению «Гибридные многокристальные белые светодиоды (RGB, RGAB, RGBW)».

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

За счет увеличения эффективности люминофоров повышена светоотдача белых светодиодов, что приводит к снижению потребления электроэнергии. Таким образом уменьшено техногенное воздействие на окружающую среду. Также переход на неорганические компоненты приводит к увеличению срока службы светодиодов, что, в свою очередь, приводит к снижению стоимости обслуживания осветительной техники. Повышение индекса цветопередачи в устройствах, предназначенных для освещения жилых помещений, может приводить к снижению заболеваний органов зрения, таких как катаракта и миопия.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Возможные формы коммерциализации: передача прав на объект и создание совместного производства.

В ходе выполнения проекта получен лабораторный образец мощного светодиода с люминофором типа «люминофор в стекле», проведены испытания основных его характеристик Данная продукция может быть использована в новом поколении мощных светодиодах белого света, с увеличенным сроком службы и КПД. Предполагаемые потребители продукции в России

– «Оптоган», ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника», в мире Philips Lumileds и OSRAM Opto Semiconductors. По данными аналитической компании Yole Development (Франция), объем рынка люминофора в 2015 году превысил объем в 1 млрд. Долларов США, а к 2017 достигнул отметки в 1 млрд. 200 млн. долларов США и выходит на уровень насыщения. Такой объем производства люминофоров для светодиодов высокой яркости обусловлен высоким спросом на светодиоды освещения высокой мощности и яркости. По прогнозам аналитической компании Nanomarkets (США) устойчивый рост рынка люминофоров будет наблюдаться, по крайней мере, до 2019 года и достигнет уровня потребления в 2 млрд. 500 млн. долларов США. При этом, рынок люминофоров для подсветки экранов будет расти со скоростью около 5 % в год, а рынок люминофоров для светодиодов, предназначенных для освещения, будет расти со скоростью около 30 % в год.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнители работ отсутствуют.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики"

Проректор по научной работе

(должность)

(подпись)

В.О. Никифоров

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Заведующий кафедрой ОТиМ

(должность)

(подпись)

Н.В. Никоноров

(фамилия, имя, отчество)

М.П.