



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

и инновациям

С.П. Куксенко

« 15 » 01 2026 г.

Печать организации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Диссертация «Светодиодные источники света на основе кристаллов GaN/InGaN с улучшенным пространственным распределением коррелированной цветовой температуры» выполнена в ТУСУРе, на кафедре радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ).

Соискатель Андреева Мария Владимировна в 2019 г. окончила бакалавриат ТУСУРа по направлению «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств».

В 2021 г. окончила магистратуру ТУСУРа по направлению «Электроника и наноэлектроника», профиль «Твердотельная электроника».

В 2025 г. окончила очную аспирантуру ТУСУРа по направлению «Электроника, фотоника, приборостроение и связь», специальность «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2026 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Туев Василий Иванович, д.т.н., профессор, зав. каф. РЭТЭМ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Андреевой Марии Владимировны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по созданию светодиодных источников света на основе кристаллов GaN/InGaN с улучшенным пространственным распределением коррелированной цветовой температуры.

Личное участие автора в получении результатов

Автором лично проведены расчеты по численной оценке отклонения в шагах МакАдама, проведен регрессионный анализ и получено аппроксимирующее выражение для координат цветности. Экспериментальные исследования выполнены автором совместно с сотрудниками Научно-исследовательского института светодиодных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Степень достоверности результатов

Результаты работы представлены на научно-технических конференциях различных уровней, среди которых международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР» (Россия, Томск, 2018, 2019, 2022, 2023, 2024); международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (Россия, Томск, 2016, 2018); международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы радиофизики» (Россия, Томск, 2018, 2019, 2021);

международная конференция «Актуальные проблемы современной науки» (Россия, Омск, 2019); международная научно-техническая конференция «Микро– и нанотехнологии в электронике», (Россия, Нальчик, 2024); всероссийская научная конференция с международным участием «Невская фотоника-2025» (Россия, Санкт-Петербург, 2025); всероссийская научная конференция «Физика: Фундаментальные и прикладные исследования, образование» (Россия, Благовещенск, 2025).

Научная новизна диссертации

Научная новизна работы определяется разработкой метода оценки пространственного распределения цветовых параметров в шагах МакАдама и созданием светодиодных источников света с улучшенным пространственным распределением КЦТ.

Научной новизной, в частности, обладают следующие основные результаты работы.

1. Метод оценки пространственного распределения координат цветности в шагах МакАдама, включающий определение угловой зависимости координат цветности, математическую обработку полученных результатов в системе CIE 1960 UCS с последующим расчетом отклонения цвета в шагах МакАдама, расширяющий область применения метода МакАдама и позволяющий выполнять численную оценку отклонения цвета в пространстве.

2. Установленная определенная взаимозависимость отклонения цвета в шагах МакАдама от концентрации диффузанта, при которой достигается минимальное значение неравномерности цвета в пространстве.

3. Способ отверждения люминофорной композиции, отличающийся от известных использованием гравитационного осаждения частиц люминофора и позволяющий улучшить пространственное распределение КЦТ.

Практическая значимость диссертации

Практическая значимость работы заключается в разработке новых светоизлучающих устройств с улучшенным пространственным распределением КЦТ и новых технологических процессов изготовления светодиода и светодиодного источника света.

Разработаны новые устройства световых приборов и новый способ полимеризации люминофорной композиции с применением гравитационного осаждения частиц, защищенные патентами на изобретения и полезные модели:

- 1) светодиодная лента для лампы;
- 2) светоизлучающий диод;
- 3) светодиодная лампа;
- 4) осветительное устройство;
- 5) светильник комбинированный;
- 6) способ изготовления светоизлучающего диода.

Метод оценки пространственного распределения коррелированной цветовой температуры для светодиодов и светодиодных источников света, основанный на применении эллипсов МакАдама, внедрён на предприятии ООО «Современные источники света». Акт о внедрении приведён в приложении к диссертационной работе.

Новые технические решения устройств с улучшенным пространственным распределением коррелированной цветовой температуры, защищенные патентами на полезные модели № 193054 и №195810, использованы при выполнении работ по целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» в рамках проекта «Разработка прототипов передовых технологических решений роботизированного интеллектуального производства электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств». Неисключительные права на использование патентов переданы предприятию реального

сектора экономики по лицензионному договору. Текст лицензионного договора приведен в приложении к диссертационной работе.

Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе при реализации программы бакалавриата в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» для выполнения физических экспериментов бакалаврами направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Электронные технологии наземного и космического назначения».

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием:

Проект «Разработка прототипов передовых технологических решений роботизированного интеллектуального производства электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств», 2017-2020 гг.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Андреевой Марии Владимировны по своему содержанию соответствует специальности 2.2.6 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» в области исследования «Исследование и разработка новых методов и процессов, которые могут быть положены в основу создания оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов различного назначения, функционирующих в оптическом диапазоне спектра и терагерцовом диапазоне» паспорта специальности.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в печатных работах

Основные результаты исследований опубликованы в 23 работах: трех статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ; статье, индексируемой реферативной базой данных Scopus; в 13 материалах докладов на международных и всероссийских конференциях. По результатам исследований получены три патента на изобретения и три патента на полезные модели.

Диссертация «Светодиодные источники света на основе кристаллов GaN/InGaN с улучшенным пространственным распределением коррелированной цветовой температуры» Андреевой Марии Владимировны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры РЭТЭМ.

Присутствовало на заседании 11 чел. Результаты голосования: «за» - 11 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 64 от «18» декабря 2025 г.

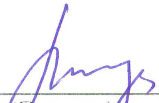
Кандидат технических наук,
доцент кафедры РЭТЭМ



(Подпись лица,
оформившего заключение)

Афонин К.Н.

Зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.,
профессор



(Подпись)

Туев В.И.

Верно:
Ученый секретарь ТУСУР



(Подпись)

Прокопчук Е.В.

Список публикаций соискателя Андреевой Марии Владимировны

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. **Андреева М.В.** Оценка пространственного распределения спектроколориметрических характеристик светодиодных ламп в шагах МакАдама / М.В. Андреева, В.С. Солдаткин, В.И. Туев. // Системы анализа и обработки данных. – 2022. – № 3 (87). – С.75–88.
2. **Андреева М.В.**, Разработка методики оценки пространственного распределения цветовых параметров в шагах МакАдама. / М.В. Андреева, В.С. Солдаткин, В.И. Туев, С.Н. Кичук. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение – 2024 – № 1 (146). – С. 4–18.
3. **Андреева М. В.** Повышение световой отдачи светодиодов белого цвета свечения путем изменения химического состава люминофорных композиций / М.В. Андреева, К.Н. Афонин, В.С. Солдаткин, В.И. Туев, А.А. Иванов – DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-9-741-749. // Изв. вузов. Приборостроение – 2023. – Т. 66, – № 9. – С. 741—749.

Публикации в журналах, индексируемых базами Web of Science, SCOPUS

1. **Andreeva M.V.** Investigation of phosphor compositions for led filament bulb / V. I. Tuev, V. S. Soldatkin, M. V. Andreeva [et al.] – DOI 10.1088/1742-6596/1115/5/052012 // Journal of Physics: Conference Series, Tomsk. – 2018. – Vol. 1115. – P. 052012. – URL:

Материалы международных и всероссийских конференций

1. **Андреева М.В.** Исследование светотехнических и электрических параметров светодиодных излучающих элементов в критических условиях / Ю. И. Стасенко, А. А. Максименко, М. В. Андреева // Электронные средства и системы управления – 2021. – Ч.1. – С. 279-280.
2. **Андреева, М. В.** Исследование влияния термоэлектрической нагрузки на надёжность светодиодного излучающего элемента / М. В. Андреева, А. А. Максименко // Актуальные проблемы современной науки. – 2019. – С. 62-64.
3. **Андреева М.В.** Исследование светотехнических свойств люминофорных композиций для светодиодов белого цвета свечения / Д. В. Кожокару, М. В. Андреева, Е. С. Ганская // Электронные средства и системы управления – 2019. – Ч.2. – С. 7-9.
4. **Андреева М.В.** Определение конструктивно-технологического запаса светодиодного излучающего элемента / А. А. Максименко, Е. С. Ганская, М. В. Андреева // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2019. – № 1-1. – С. 282-284.
5. **Андреева М.В.** Влияние линзы и отражателя в колбе на кривую силы света светодиодной лампы общего назначения / Ю. И. Стасенко, М. В. Андреева, Ю. В. Юлаева // Актуальные проблемы современной науки. – 2019. – С. 115-118.
6. **Андреева М.В.** Пространственное распределение коррелированной цветовой температуры светодиодной лампы общего применения / М. В. Андреева, Е. С. Ганская, Е. С. Гайбович, А. И. Черепнев // Электронные средства и системы управления – 2018. – № 1-1. – С. 249-252.
7. **Андреева М.В.** Исследование оптических характеристик люминофорных композиций для белых светодиодов и светодиодных излучающих элементов / М. В. Андреева, Е. С. Ганская, Д. К. Нуриев, К. В. Тепляков // Электронные средства и системы управления – 2018. – № 1-1. – С. 255-258.

8. **Андреева М.В.** Исследование оптических характеристик люминофорных композиций светодиода белого цвета свечения / Е. С. Ганская, М. В. Андреева, Г. А. Косачева // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2018. – № 1-2. – С. 307-309.

9. **Андреева М.В.** Исследование отклонения цвета СИЭ от нормы в шагах МакАдама / М.В. Андреева // Научная сессия ТУСУР. – 2022. – Ч. 1. – С. 250-252.

10. **Andreeva M.V.** Overview of the main parameters of LED emitting elements/ М.В. Андреева // Научная сессия ТУСУР. – 2022. – Ч. 2. – С. 305-307.

11. **Андреева М.В.** Исследование гранулометрического состава люминофоров для изготовления люминофорной композиции / М.В. Андреева // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2023. – Ч.2 – С. 66-68.

12. **Andreeva M.V.** Studying the Dependence of LED Characteristics on the Distance of the Phosphor from the Crystal / М.В. Андреева // Научная сессия ТУСУР. – 2024. – Ч. 2. – С. 288-290.

13. **Андреева М.В.,** Оценка пространственного распределения цветовых параметров светоизлучающих диодов в шагах макадама / М.В. Андреева, В.И. Туев, В.С. Солдаткин, С.Н. Кичук // Микро- и нанотехнологии в электронике. Материалы XIV Международной научно-технической конференции – 2024. – С. 321-324.

Патенты

1. Патент № 193054 Российская Федерация, МПК F21S 4/20 (2016.01); F21V 9/00 (2015.01). Светодиодная лента для лампы: № 2019119283; заявл. 19.06.2019; опубл. 11.10.2019 / **Андреева М.В.,** Афонин К.Н., Вилисов А.А., Ганская Е.С., Солдаткин В.С., Туев В.И., Тепляков К.В.; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 9 с.

2. Патент № 195810 Российская Федерация, МПК F21V 14/00 (2006.01). Светоизлучающий диод: № 2019130932; заявл. 27.09.2019; опубл. 05.02.2020 / **Андреева М.В.,** Вилисов А.А., Ганская Е.С., Солдаткин В.С., Туев В.И., Тепляков К.В., Юлаева Ю.В.; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 9 с.

3. Патент № 219968 Российская Федерация, МПК F21V 33/00 (2006.01). Светодиодная лампа: № 2023109005; заявл. 11.04.2023; опубл. 16.08.2023 / **Андреева М.В.,** Солдаткин В.С., Туев В.И., Хомяков А.Ю.; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 7 с.

4. Патент № 2828620 Российская Федерация, МПК F21V 14/08 (2006.01). Осветительное устройство: № 2024109014; заявл. 04.04.2024; опубл. 14.10.2024 / **Андреева М.В.,** Солдаткин В.С., Туев В.И., Хомяков А.Ю., Золотухина Е.А., Афонин К.Н., Ермолаев А.В., Незнамова Е.Г., Терещенко Н.Н.; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 9 с..

5. Патент № 2834209 Российская Федерация, МПК F21V 33/00 (2006.01), H05B 45/20 (2020.01). Светильник комбинированный: № 2024111936; заявл. 02.05.2024; опубл. 04.02.2025 / **Андреева М.В.,** Солдаткин В.С., Туев В.И., Хомяков А.Ю., Афонин К.Н., Ермолаев А.В., Шнайдер Е.В.; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 9 с.

6. Патент № 2853466 Российская Федерация, МПК H10H 20/01 (2025.01), H10H 20/851 (2025.01). Способ изготовления светоизлучающего диода: № 2025118452; заявл. 03.07.2025; опубл. 23.12.2025 / **Андреева М.В.,** Афонин К.Н., Ермолаев А.В., Солдаткин В.С., Туев В.И. ; заявитель ФГБОУ ВО «ТУСУР». – 8 с.