

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_,  
решение диссертационного совета от 20.12.2019г. № 188

О присуждении Старосеку Данилу Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Стабилизация теплового и электрического режимов в нитевидных модулях светоизлучающих GaN/InGaN диодов» в виде рукописи по специальности 01.04.04 – физическая электроника принята к защите 19 октября 2019 г., протокол № 172, диссертационным советом Д 212.268.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (634050, Томск, пр. Ленина 40, приказ о создании совета № 1030/нк от 30.12.2013 г.).

**Соискатель** Старосек Данил Геннадьевич 1991 года рождения, в 2014 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», в 2018 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» и работает инженером в научно-исследовательском институте светодиодных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

**Диссертация выполнена** на кафедре радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Озёркин Денис Витальевич.

**Официальные оппоненты:**

Капитонов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, директор по научно-техническому развитию общества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт источников света имени А. Н. Лодыгина».

Овчаров Александр Тимофеевич, доктор технических наук, профессор кафедры архитектурного проектирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, г. Ульяновск, в своем положительном заключении, подписанном директором Ульяновского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук доктором технических наук, профессором Сергеевым Вячеславом Андреевичем, указала, что диссертационная работа Старосека Д. Г. содержит значимые научные результаты по специальности 01.04.04 «Физическая электроника».

В целом, диссертационная работа Старосека Д. Г. является законченным исследованием, в котором решена актуальная задача стабилизации температурного режима в нитевидных модулях светоизлучающих GaN/InGaN диодов. По объёму и

научному уровню полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Старосек Данил Геннадьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.04 «Физическая электроника».

**Соискатель опубликовал 24 работы**, в том числе по теме диссертации – 24 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 6 работ, 2 патента РФ, 5 работ опубликованы Старосеком Д. Г. без соавторов.

**Наиболее значимые работы по теме диссертации:**

1. **Старосек Д.Г.** Обеспечение температурной стабильности ламп с ультратонкими светодиодными нитями / Д.Г. Старосек, Д.В. Озёркин // В мире научных открытий. 2015. № 12.3 (72).
2. Озёркин Д.В. Топологическая термокомпенсация светодиодных линейных модулей филаментных ламп / Д.В. Озёркин, **Д.Г. Старосек**, В.И. Туев // Известия высших учебных заведений. Физика. 2018. Т. 61, № 6. С. 156-163.
3. Пат. 183304 РФ, МПК F 21 V 29/00 (2015.01), F 21 Y 105/12 (2016.01) 183 304 U1. Светодиодная лента для лампы / К.Н. Афонин (РФ), А.А. Вилисов (РФ), Д.В. Озёркин (РФ), Ю.В. Ряполова (РФ), В.С. Солдаткин (РФ), **Д.Г. Старосек** (РФ), В.И. Туев (РФ). – № 2 017 146 187; заявл. 27.12.2017; опубл. 17.09.2018, Бюл. № 26. – 10 с.

**На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все положительные:**

1. **Отзыв из Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»**, от 28 ноября 2019 г., подписанный заведующим кафедрой электронных приборов Беркиным Александром Борисовичем.

Замечания к работе:

1. В автореферате не представлены сравнительные результаты расчётов и экспериментов, что не позволяет оценить погрешность расчётов температуры (точность моделирования).
2. Из текста автореферата не ясна связь патентов автора с практическими результатами работы.

3. На рисунке 13а не понятно, что обозначают кривые «х» и «у».

**2. Отзыв из Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»**, подписанный доцентом кафедры электроники и наноэлектроники, кандидатом технических наук, Ильиным Михаилом Владимировичем. Замечания к работе:

1. Можно отметить некоторую неясность с описанием механизма, за счёт которого повышается температура конструкции при увеличении площади эффективной поверхности основания нитевидного модуля.

2. Также из текста автореферата не ясно, какой электрический режим применялся для питания филаментной нити при экспериментальных исследованиях.

**3. Отзыв из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»**, от 31 октября 2019 г., подписанный профессором Физико-технического факультета, доктором технических наук, профессором Стафеевым Сергеем Константиновичем. Замечания не указаны.

**4. Отзыв из Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»**, от 20 ноября 2019 г., подписанный доцентом кафедры «Промышленная электроника и светотехника», кандидатом технических наук Шириевым Равилем Рафисовичем. Замечания к работе:

1. На рисунке 11 результаты аппроксимации каких графиков из рисунка 8 представлены?

2. Что означают цифры 1, 2, 3 на рисунке 11?

3. Требуется пояснение утверждения на стр. 16: «Установлено, что при изменении температуры от 0 °С до 90 °С вольт-амперная характеристика ФСНМ сдвигается в сторону уменьшения напряжения».

4. Как были получены графики на рисунке 12(а)? В процессе работы температура кристаллов очень быстро возрастает. Её стабилизировать на значении, например 50 °С, а затем снять ВАХ вероятно невозможно. Или это температура окружа-

ющей среды? При нагреве должна падать сила тока, а не напряжение. В результате падает светоотдача светодиода.

5. Присутствуют отдельные недостатки в оформлении, незначительные опечатки.

**5. Отзыв из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»**, от 04 декабря 2019 г., подписанный главным научным сотрудником Научно-образовательного центра им. И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики, доктором физико-математических наук, профессором Кузнецовым Гением Владимировичем. Замечания к работе:

1. При постановке задачи теплопроводности для подложки автор диссертации использовал на всех её границах условия третьего рода, описывающие конвективный теплоотвод с поверхности. Но в автореферате нет математического выражения, использовавшегося при вычислении коэффициента теплоотдачи или его численных значений (если  $\alpha$  принимался постоянным). Кроме того в тексте автореферата нет обоснования модели теплопереноса в подложке в виде уравнения (1). Источник тепловыделения находится не в подложке, если судить по рис. 1, а на её поверхности. Поэтому логичным было бы тепловыделение кристаллов учесть в виде специального слагаемого в граничных условиях при  $z = m$ .

2. Автор диссертации упоминает в тексте два численных метода, которые «наиболее распространены», но не описывает использовавшийся им метод и основные параметры численного алгоритма (число узлов и элементов, принятые при дискретизации области решения).

3. По рисунку 5 автореферата почти невозможно оценить значения температур, полученные в результате численного моделирования.

**6. Отзыв из Общества с ограниченной ответственностью «Горсети»**, подписанный инженером производственно-технической службы, кандидатом технических наук Каменевой Татьяной Евгеньевной. Замечание к работе:

В автореферате отсутствует описание природы колебаний графика на рисунке 9. Создаётся впечатление, что допущены ошибки в методике измерений или в постобработке полученных данных.

**7. Отзыв из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», наук,** подписанный заведующим кафедрой физики, кандидатом физико-математических наук, доктором технических наук Чирцовым Александром Сергеевичем. Замечания к работе:

1. На странице 13 автореферата – непонятна логика нумерации строк в таблице 1 – Изменение температуры ФСНМ.

2. Страница 14 автореферата, рисунок 5 – Распределение температурного поля. Рисунок иллюстрирует распределение тепловой энергии трёх модулей, при этом в таблице 1 зафиксировано четыре. Из текста автореферата непонятно, почему опущен образец №2.

3. На 16 странице автореферата автор ссылается на отсутствующий в автореферате рисунок 3.24.

**8. Отзыв из Ратгерского государственного университета Нью-Джерси,** подписанный профессором департамента наук об окружающей среде, доктором философии биоэкологической инженерии Аренд-Яном Ботом. Замечания к работе:

1. What are the advantages/disadvantages of filamentous LEDs compared to traditional LEDs?

Каковы преимущества / недостатки нитевидных светодиодов по сравнению с традиционными светодиодами?

2. For what applications are filamentous light-emitting diodes (LED) most suitable and what is the potential (monetary) market for those applications?

В какой области применения наиболее перспективны нитевидные светодиоды и каков потенциальный (денежный) рынок в этих областях?

3. What are the typical light intensities produced by filamentous LEDs? Note that most horticultural applications require high intensity lamps.

Какова средняя интенсивность света нитевидных светодиодов? Обратите внимание, что для растениеводства требуются лампы с высокой интенсивностью.

4. Do filamentous LEDs provide opportunities for controlling the spectral output? If so, how is this accomplished?

Имеется ли возможность управления спектральным составом излучения в нитевидных светодиодах? Если да, как это достигается?

5. How does the dichotomy method impact the light distribution pattern emitted from filamentous LEDs?

Как метод дихотомии влияет на распределение света, излучаемого нитевидными светодиодами?

6. Would it be possible to better quantify the potential improvements your work contributes to the design and operation of filamentous LEDs?

Можно ли более подробно оценить количественные показатели потенциальных улучшений, которые рассматриваемая работа вносит в разработку и эксплуатацию нитевидных светодиодов?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается,** тем, что оба оппонента к.т.н. Капитонов С.С. и д.т.н. Овчаров А.Т. компетентные специалисты в области физики полупроводниковых источников света, включая вопросы температурного и электрического режимов светоизлучающих GaN/InGaN диодов. Область их научной деятельности и публикации близки к теме диссертационной работы и они оба, после ознакомления с диссертацией, дали согласие на оппонирование. Ведущая организация – Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук, также согласилась дать отзыв на диссертационную работу Старосека Д.Г. Данное учреждение известно в области исследований фундаментальных и прикладных аспектов физики InGaN/GaN диодов. Таким образом, уровень компетентности официальных оппонентов и ведущей организации достаточен для оценки научной и практической ценности диссертационной работы Старосека Д.Г.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*разработана* новая методика проектирования нитевидных модулей GaN/InGaN диодов, основанная на локализации светодиодных кристаллов на основании по критерию равномерности температурного профиля, позволившая выровнять распределение температуры;

*предложены* оригинальные технические решения конструкции модуля GaN/InGaN диодов, обеспечивающие их рабочую температуру в гелиевой атмосфере при величине прямого тока 10 мА не более 110 °С;

*доказано*, что наличие неравномерного температурного профиля в светодиодных нитевидных модулях приводит к нестабильности их световых характеристик;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

*предложено* использование метода дихотомии для решения задачи размещения кристаллов светодиодов в соответствии с целевой функцией локализации;

*применительно к проблематике диссертации результативно использован* комплекс стандартизованных экспериментальных методик, позволяющих оценить параметры светодиодного нитевидного модуля;

*изложены* доказательства влияния температурного профиля вдоль главной оси нитевидного модуля на основные параметры нитевидного полупроводникового источника света;

*раскрыты* особенности распределения тепловой энергии на поверхности светодиодного нитевидного модуля;

*изучены* процессы переноса тепловой энергии в светодиодном нитевидном модуле и источнике света на основе таких модулей;

*проведена модернизация* методики измерения тепловых параметров нитевидных модулей GaN/InGaN диодов в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**



*разработаны и внедрены* конструктивно-технологические рекомендации для изготовления филаментных светодиодных источников света с конвекционным газовым охлаждением внедрены на производстве обществом с ограниченной ответственностью «Руслед»;

*использованы* в учебном процессе результаты научных исследований в магистерской программе 27.04.04 «Управление в технических системах»;

*получены* по результатам работы 2 патента РФ на полезную модель;

*создана* система практических рекомендаций, позволившая создать макет филаментного светодиодного нитевидного модуля, максимальная температура поверхности которого составляет 110 °С в гелиевой атмосфере при величине прямого тока 10 мА;

*выполнены* этапы прикладных научных исследований и экспериментальных разработок «Разработка энергосберегающей светодиодной лампы с конвекционным газовым охлаждением излучателей и сферическим светораспределением, адаптированной к традиционной технологии массового производства ламп накаливания», выполняемых в рамках соглашения № 14.577.21.0061 от 5 июня 2014 г. и «Разработка прототипов передовых технологических решений роботизированного интеллектуального производства электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств», выполняемых в рамках соглашения № 14.577.21.0266 от 26 сентября 2017 г.


**Личный вклад соискателя.** Представленная работа является результатом исследований, проводившихся автором совместно с сотрудниками Научно-исследовательского института светодиодных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» и общества с ограниченной ответственностью «Руслед». Вклад автора состоит в создании экспериментальной установки, разработке макета, выборе методик эксперимента, проведении исследований и анализе их результатов. Автором лично сформулирована задача повышения равномерности профиля температурного поля вдоль оси основания светодиодного нитевидного модуля и предложен метод локализации

кристаллов. Автором самостоятельно выдвинуты защищаемые научные положения, сделаны выводы и даны рекомендации, на основании которых разработана конструкция макета светодиодного филаментного источника света. Все результаты, составляющие научную новизну диссертации и выносимые на защиту, получены автором лично.

На заседании 20.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Старосеку Данилу Геннадьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.04 – «Физическая электроника», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 18, против – 2, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета Д 212.268.04,  
доктор физико-математических наук, профессор



С. М. Шандаров

Учёный секретарь диссертационного совета Д 212.268.04,  
доктор технических наук, профессор



20.12.2019



Ю. П. Акулиничев