



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Н.П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

ул. Большевистская, д. 68, г. Саранск,
Республика Мордовия, Россия, 430005,
телефон (8342) 24-37-32, 24-48-88, факс (8342) 47-29-13,
E-mail: dep-general@adm.mrsu.ru, http://www.mrsu.ru
ОКПО 02069964, ОГРН 1021300973275,
ИНН/КПП 1326043499/132601001

№ _____
на № 211/20 от 13.01.2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе,
доктор технических наук,
профессор

П.В. Сенин



2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Логинова Владимира Владимировича**
**«Исследование и разработка импульсного газоразрядного источника
ИК излучения с повышенными эксплуатационными параметрами
для оптико - электронных систем»**, представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.27.02—«Вакуумная и плазменная электроника»

Современные оптико–электронные системы, предназначенные для защиты летательных аппаратов от управляемых ракет с тепловыми головками самонаведения (ГСН), в качестве основного функционального элемента используют импульсные источники инфракрасного (ИК) излучения с разрядом в парах цезий – ртуть - ксеноновой смеси. На сегодняшний день данные комплексы обороны широко используются в армейской авиации и обеспечивают защиту вертолетов с низким уровнем собственного теплового излучения от второго поколения ракет. Создание современных типов энергоизлучающих вертолетов и новых более чувствительных ГСН привело к тому, что существующие системы противодействия управляемым ракетам не в полной мере обеспечивают свои функциональные параметры. Поэтому поставленная Логиновым В.В. в своей диссертации цель выполнить исследование теплофизических процессов в плазме щелочных металлов и

произвести разработку конструкции и технологии изготовления импульсного газоразрядного источника ИК излучения с повышенными эксплуатационными параметрами **является актуальной**. В то же время дополнительные ограничения, а именно, сохранение создаваемым импульсным источником ИК излучения электрической мощности, потребляемой аналогом (газоразрядная лампа СП2-1500), существенно усложняет поставленную задачу, но одновременно делает ее **практически значимой** в силу ограниченных возможностей энергопотребления летательного аппарата. Вторая по актуальности и практической значимости задача заключается в исключении ртути из состава плазмообразующего наполнения лампы, что, несомненно, важно для обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

В работе Логинова В.В. данная проблема решается путем проведения теоретически-расчетных исследований, позволяющих сузить поиск факторов, определяющих параметры ИК излучения, экспериментальных работ, направленных на оптимизацию эксплуатационных характеристик лампы, а именно, постоянную составляющую A_n , пиковую силу излучения A и глубину модуляции m ($m = [A - A_n]/A \cdot 100\%$), и конструктивно – технологическую разработку нового варианта источника ИК излучения.

Новизна исследования и полученных результатов.

Автором диссертационной работы получены следующие основные научные результаты:

- На основе анализа зарубежных и отечественных публикаций выявлены основные конструктивные особенности и режимы работы разрабатываемой газоразрядной лампы, изучена возможность создания импульсного источника ИК излучения с повышенными эксплуатационными параметрами на базе современных технологий.

- Доработаны в части учета многокомпонентности смеси паров металлов существующая математическая модель цезий - ртуть - ксенонового разряда, ограниченного излучающе - поглощающими сапфировыми оболочками, база данных материальных функций и коэффициента поглощения плазмы, методология реализации сформулированной системы уравнений. В результате расчетного эксперимента получены температурные поля разрядной сапфировой оболочки, зависимости пиковой силы излучения и глубины модуляции в двух спектральных ИК диапазонах от электрической мощности разряда.

- Созданы универсальный комплекс экспериментального оборудования и методики исследования характеристик излучения в двух поддиапазонах средней ИК области.

- Разработан метод термодинамического анализа, на основе которого выявлен оптимальный состав плазмообразующей среды газоразрядной лампы, который обеспечивается заменой ртути на рубидий в количестве не превышающем 25 вес.% от суммарной массы металлов.

- Представлены результаты экспериментов по изучению влияния добавок калия и рубидия при введении в цезиевый импульсно – периодический разряд. Доказано увеличение пиковой силы излучения не менее чем в 1,3 раза при добавлении в цезиевую плазму рубидия.

- Предложены методики расчета конструкции электродов, построенные на анализе тепловых потоков из плазмы и собственного нагрева проходящим током. Представлены результаты исследований физических и химических процессов в материалах конструкции при откачке и герметизации разрядного объема (появления второй фазы в расплаве никелида титана).

– Выполнен анализ теплофизических процессов в разрядном объеме и впервые предложен режим импульсно – периодического электрического питания газоразрядной лампы, позволяющий исключить явление конвекции плазмообразующей среды за счет изменения полярности каждой серии импульсов напряжения на противоположную по отношению к предыдущей.

В итоге можно сказать, что **научная новизна диссертации** заключается в новых научных результатах, полученных автором при исследовании:

- плазменных процессов в ранее неизученной цезий – рубидий (калий) – ксеноновой плазмообразующей среде;

- возможности получения повышенных эксплуатационных характеристик импульсного ИК излучения (пиковая сила, глубина модуляции, фиксированная длительность импульса) при работе газоразрядной лампы в несвойственном газовому разряду импульсно – периодическом режиме следования токовых импульсов и в различных пространственных положениях газоразрядной лампы.

Новизна разработанных в диссертации конструктивных решений подтверждена 20 патентами на полезную модель.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что теоретические выводы позволяют понять некоторые процессы, происходящие в плазме смеси паров щелочных металлов при прохождении одиночного импульса тока (или серии импульсов различной полярности) и определяющие характеристики выходящего излучения в ИК диапазоне. Представленные автором данные позволяют выявить физико – химические явления, наблюдаемые в процессе изготовления и эксплуатации газоразрядных ламп данного типа, с целью обеспечения требуемых характеристик инфракрасного излучения в течение всего срока службы. Полученные в диссертации результаты представляют научный интерес для

специалистов, связанных с исследованиями процессов в многокомпонентной плазме, взаимодействием плазмы с поверхностью, кинетикой испарения и конденсации металлов и сплавов и т.д.

Практическая значимость представленной диссертационной работы заключается в следующем:

- посредством математического моделирования с использованием созданной базы данных по материальным функциям и коэффициенту поглощения открывается возможность прогнозирования характеристик импульсного разряда в смесях паров щелочных металлов без проведения широкомасштабных экспериментальных исследований;

- созданный комплекс экспериментального оборудования и методики измерения характеристик ИК излучения позволяют исследовать лампы при различных мощностях и частотах следования токовых импульсов, а также формировать выходной сигнал сложной импульсно – периодической структуры в требуемой спектральной области;

- разработанные методики исследования характеристик ИК излучения дают возможность изучения различных разрядных источников как для задач оптико – электронного противодействия, так и других назначений, например, охранных систем;

- полученные данные комплексного экспериментального изучения характеристик импульсного разряда в смесях паров цезия с калием и рубидием подтверждают целесообразность использования ламп с разрядом в парах щелочных металлов в целом ряде задач ИК техники;

- результаты конструктивно – технологических исследований позволили впервые в России разработать вариант конструкции импульсного Cs – Rb – Хе источника ИК излучения и начать выпуск опытных образцов ламп с двумя оболочками из сапфира, предназначенных для систем оптико-электронного противодействия ГСН управляемых ракет.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов.

Обоснованность научных положений, выводов и достоверность результатов исследований базируется на положениях фундаментальных теоретических представлений и обеспечивается конкретной постановкой задач, применением известных и разработанных Логиновым В.В. методик исследований с аппаратным обеспечением, аттестованным в установленном порядке. Результаты математического моделирования хорошо согласуются с данными экспериментов и научными сведениями других исследователей. Достоверность представленных в диссертации экспериментальных материалов подтверждается экспертизой 12 статей при опу-

ликовании полученных результатов в рецензируемых научных журналах. На разработанные в диссертации конструктивные решения проведена патентная экспертиза у 20 патентов на полезную модель.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Считаем целесообразным продолжить работу по дальнейшему совершенствованию конструкции разработанных источников инфракрасного излучения (увеличение диаметра разрядного канала, поиск новых наполнений и т.д.) и способов электрического питания ламп (использование токового предимпульса, чередование токовых импульсов различной полярности и т.д.) с целью увеличения пиковой силы излучения, как в ИК, так УФ диапазонах спектра для задач противодействия новому поколению трехспектральных головок самонаведения управляемых ракет.

Интересными для промышленного использования представляются результаты конструкторско-технологических исследований. Необходимо рассмотреть вопрос использования разработанных способов получения согласованных, герметичных и устойчивых к воздействию паров щелочных металлов соединений металл – сапфир применительно к другим изделиям отечественной промышленности, например, лампам для накачки лазеров, ячеек стандартов частоты, гермовводов и т.д.

Развитие заложенных научных направлений будет способствовать техническому прогрессу в области гражданской и военной техники.

Оформление диссертации и автореферата, публикации, апробация научных результатов и положений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложения (акты внедрения). Материал изложен на 165 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка и 12 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность, практическая и научная значимость, научные положения, выносимые на защиту, подтверждается достоверность полученных результатов и сделанных выводов и заключений, рассматривается апробация основных положений диссертации.

В первой главе проводится научно – технический анализ факторов, определяющих характеристики ИК излучения, описывается математическая модель и выполняются расчеты выходных параметров газоразрядной лампы. Формируется цель исследований.

Во второй главе выполняются сравнительные исследования разрядов в парах щелочных металлов и определяется состав плазмообразующей среды базовой конструкции лампы – смесь паров цезия, рубидия и ксенона.

В третьей главе рассматриваются результаты конструкторских и технологических исследований, направленных на обеспечение требуемых эксплуатационных характеристик и их воспроизводимость в процессе опытного производства.

Четвертая глава посвящена изучению основных эксплуатационных характеристик разработанного импульсного источника ИК излучения с разрядом в цезий – рубидий - ксеноновой парогазовой смеси. Особое значение уделяется вопросам стабилизации параметров при изменении газоразрядной лампы пространственного положения.

Автореферат и публикации по теме исследований достаточно полно отражают основное содержание диссертации и в полной мере соответствуют требованиям формулы специальности 05.27.02. – «Вакуумная и плазменная электроника» и области исследования в части п.3. «Исследование и разработка новых конструкций приборов в целом или их отдельных узлов, а также совершенствование конструкций существующих вакуумных и газоразрядных приборов или их отдельных узлов с целью улучшения характеристик приборов».

Материал диссертации логически выстроен, в каждой главе сделаны конкретные выводы или сформулированы рекомендации по практическому применению полученных результатов. Положения, выносимые на защиту, научно обоснованы в тексте диссертационной работы, прошли апробацию в 12 докладах на международных научных конференциях и симпозиумах, освещены в 12 публикациях журналов, включенных в перечень ВАК.

Общие замечания.

В то же время следует отметить ряд замечаний по представленной работе:

- в научно – аналитическом обзоре спектральные характеристики приведены для разрядов в парах щелочных металлов в диапазоне до 1,6 мкм, в то время как в диссертации рассматриваются два диапазона длин волн 2-5 мкм и 3-5 мкм, что делает затруднительным прогноз перспективности использования той или иной плазмообразующей среды в качестве основного наполнения газоразрядной лампы;

- в работе не рассмотрен механизм зажигания разработанного типа газоразрядных ламп. Представляется, что истинная картина процессов существенно сложнее, чем для существующих газоразрядных источников света, и требует дополнительных расчетно–теоретических и экспериментальных исследований;

- в диссертации встречаются обозначения спектральных диапазонов римскими и латинскими цифрами, например, в методике исследований в одном абзаце «Для спектральных диапазонов 1 и 2 рассчитать по формулам при доверительной вероятности 0,95 для спектральных диапазонов I и II более $\pm 3\%$ »

- в работе одни и те же физические величины (например, температура) приводятся в разных системах единиц (СИ и СГС), что несколько затрудняет чтение работы. Кроме того, по тексту диссертации редко, но встречаются неудачные (сленговые) выражения, например, в разделе 4.5.2.1 «...термоэмиссионное охлаждение в фазе катода компенсирует потенциальное нагревание в фазе анода...»

Заключение.

Отмеченные недостатки не снижают научной значимости и практической ценности диссертации. Проведенные Логиновым В.В. исследования характеризуют его как исследователя высокой квалификации, владеющего современными методами работ, четко представляющего предмет исследований. Диссертация Логинова Владимира Владимировича является научно – квалификационной работой на актуальную тему, содержащей новые научные результаты в области физики плазмы, теплофизики и материаловедения, в которой на основании выполненных автором исследований решена важная научная проблема, внедрение которой вносит значительный вклад в укрепление обороноспособности страны. Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.27.02 - «Вакуумная и плазменная электроника».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании ученого совета Института электроники и светотехники « 28 » февраля 2020 г., протокол № 2.

Директор Института
электроники и светотехники,
доцент, к.т.н.

Железникова О.Е.

Заведующий базовой кафедрой
источников света, доцент, д.т.н.

Ашрятов А.А.