

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
на диссертационную работу Гавриша Сергея Викторовича  
«Создание импульсных газоразрядных источников ИК излучения нового поколения  
для оптико-электронных систем» на соискание ученой степени доктора технических  
наук по специальности 05.27.02 - «Вакуумная и плазменная электроника»

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений, так как импульсный газоразрядный источник ИК излучения в системе оптико-электронного противодействия (СОЭП) является ее основным функциональным элементом и определяет временную структуру помехового излучения, обеспечивает необходимый уровень пиковой силы излучения в заданном интервале оптического спектра и глубину модуляции излучения. Из немногочисленной литературы известно, что наиболее эффективным на сегодня излучающим элементом СОЭП можно считать цезиевую лампу с двумя лейкосапфировыми оболочками. Конструктивно такая газоразрядная лампа представляет собой наполненную плазмообразующей средой на основе цезия разрядную горелку с прямой трубчатой оболочкой из сапфира, установленную соосно с образованием заполненного неоном кольцевого зазора во внешней сапфировой оболочке. Анализ литературных данных, проведенный автором диссертации, показал, что в России научно-исследовательских разработок такого класса ламп не проводилось. Так как по режимам функционирования, выходным параметрам и применяемым конструкционным материалам разработанный импульсный источник ИК излучения кардинально отличается от всех существующих газоразрядных ламп, то поставленная в диссертации цель **является актуальной**.

**Новыми научными результатами**, полученными в ходе работы над диссертацией, являются:

- разработанная методика вычислительного эксперимента, включающая построение математической модели физических процессов в цезий–ртуть – ксеноновой плазме и стабилизирующих разряд оболочках, алгоритм реализации соответствующей системы уравнений и базу данных по материальным функциям и коэффициенту поглощения;
- расчетные данные по составу Cs–Hg–Xe плазмы, температурным полям в разряде и оболочках, структуре баланса мощности, сбрасываемой оболочками, спектральному распределению глубины модуляции в зависимости от удельной мощности разряда,
- результаты экспериментального исследования факторов, определяющие модуляционные и спектрально - энергетические характеристики инфракрасных источников излучения, математическая модель расчета давления паров компонентов над амальгамой цезия,

-комплекс данных по зажиганию разряда и формированию плазменного канала в условиях испарения и конденсации паров цезия и разработанные на их базе рекомендации по эксплуатации газоразрядных источников в составе СОЭП,

- методики и результаты изучения тепловых полей разрядных оболочек, исследования оптической прозрачности, механической прочности и радиационного окрашивания сапфира при воздействии повышенных температур, излучения из плазмы и специальных факторов,

- результаты исследования физико-химических процессов, происходящих в структуре конструкционных материалов при изготовлении и эксплуатации разрядных источников, расчетов тангенциальных напряжений в зоне соединения оболочки с металлом по разработанной методике, построенной на решении задачи Ляме.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка используемой литературы.

В **первой** главе разработана методология формирования технических требований к входящей в состав СОЭП импульсной газоразрядной лампы, исходя из алгоритма обработки оптического сигнала цели в следящей системе УР, спектральной чувствительности ГСН и способа формирования ошибки в тракте управления атакующей ракеты. Предложен метод расчета интенсивности модулируемого инфракрасного излучения разрядного источника по характеристикам теплового излучения летательного аппарата. Проведен комплексный анализ факторов, определяющий плазменные процессы в источниках света с разрядом в парах щелочных металлов, предназначенных для освещения и накачки твердотельных лазеров. По полученным результатам сформированы параметры оптимизации для математического моделирования разрядного источника модулируемого инфракрасного излучения.

**Вторая** глава посвящена разработке математической модели, впервые в комплексе описывающая физические процессы в цезий–ртуть–ксеноновой плазме и стабилизирующих разряд оболочках, в импульсно-периодическом режиме следования импульсов. В главе рассмотрены созданный алгоритм реализации соответствующей системы уравнений, сформированная база данных по материальным функциям плазмы (квантово-механические характеристики частиц, статистические суммы по состояниям, термодинамические, теплофизические и оптические свойства) и свойствам материала оболочек. Расчетным путем исследованы электрофизические и спектрально-энергетические характеристики импульсных газоразрядных источников ИК излучения, получены временные зависимости температурных полей в разряде, рабочего давления паров при прохождении одного импульса тока и серии из трех импульсов, определена структура баланса мощности, сбрасываемой разрядом и оболочками, рассчитаны

спектральные распределения излучения и глубины модуляции в зависимости от удельной мощности разряда и коэффициентов теплоотдачи.

В **третьей** главе разработана экспериментальная методика сопоставления эффективности разрядных источников путем сравнения спектральных характеристик излучения разрядов в парах щелочных металлов. Представленный комплекс данных позволил мотивированно доказать преимущество разряда в парах цезия как источника модулированного инфракрасного излучения для систем оптико-электронного подавления. Разработанная математическая модель расчета давления компонентов над амальгамой цезия дала возможность спрогнозировать давление добавок плазмообразующей среды в зависимости от конструктивных характеристик лампы (диаметр, межэлектродное расстояние, заэлектродный объём, температура холодной точки, вес амальгамы и т.д.). Важной частью главы является исследования по выбору рода и давления газа – теплоносителя между двумя сапфировыми оболочками. Исходя из физических и химических аспектов выполненного анализа обоснованное предпочтение отдано неону. Выявленные особенности зажигания разряда и формирования плазменного канала в условиях испарения и конденсации паров щелочного металла позволили разработать рекомендации по практической реализации полученных результатов при эксплуатации в составе СОЭП

**Четвертая** глава посвящена исследованию взаимосвязи между эксплуатационными характеристиками ламп и структурным совершенством кристалла сапфира (точечные дефекты, дислокации, блоки, центры окраски и т.д.). Для реализации этой задачи впервые разработаны методики исследования тепловых полей оболочек, температурной зависимости прочности, спектрального пропускания и радиационного окрашивания сапфира. Полученные результаты исследований послужили основой для создания конструкции и технологии изготовления импульсной газоразрядной лампы с сапфировой оболочкой.

В **пятой** главе изучены физико-химические процессы, происходящие в элементах конструкции газоразрядного источника при изготовлении и эксплуатации ламп. Научно обоснованы температурно-временные ограничения при выполнении технологических операций, разработан методика и результаты исследования физико-химических процессов, происходящих в структуре конструкционных материалов при изготовлении и эксплуатации разрядных источников, выполнен расчет элементов конструкции источника излучения по разработанной методике, построенной на решении задачи Ляме.

В **шестой** главе на основании полученных в диссертации научных и экспериментальных результатов проведены расчет, макетирование и исследование перспективных импульсных разрядных источников ИК излучения повышенной

электрической мощности и с коаксиальным телом свечения для использования в СОЭП-нового поколения.

**Степень достоверности** полученных результатов высока и обеспечивается использованием комплекса хорошо апробированных методов исследований (микроскопия, спектроскопия, калориметрия, рентгено- флуоресцентный и металлографический анализ и т.д.), выполненном на современном оборудовании, большим объемом экспериментальных результатов, хорошо согласующихся с литературными данными.

По диссертации можно сделать **следующие замечания:**

1. В математической модели не учитывается отражение излучения на поверхностях системы оболочек, стабилизирующих разряд.
2. В изложении и иллюстрационном материале диссертации наблюдается использование единиц измерения из международной системы СИ и внесистемных единиц, например, для обозначения единиц давления используются Па, мм рт.ст., кг/см<sup>2</sup>, что затрудняет сравнение результатов при анализе графических зависимостей.
3. В работе весьма схематично дана трактовка физики пробоя по осажденной на поверхности разрядной трубки пленке цезия. Представляется, что истинная картина процессов существенно сложнее и требует дополнительных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований.

Однако данные замечания, часть из которых носит характер пожеланий, не снижают научной и практической ценности результатов диссертационных исследований и не влияет на высокую оценку работы.

Работа изложена грамотным научным языком и хорошо оформлена. Многочисленные рисунки тщательно подобраны и наглядно иллюстрируют полученные автором результаты. Автореферат диссертации дает полное представление о работе и отражает ее важные результаты и выводы. Достоверность и обоснованность выводов убедительно доказаны автором. Положения, выносимые на защиту, сформулированы четко и последовательно обосновываются в главах диссертации.

В целом необходимо отметить, что С.В. Гавришем решена важная задача, направленная на укрепление обороноспособности страны: создание нового поколения импульсных газоразрядных источников ИК излучения для систем защиты летательных аппаратов.

Полученные автором диссертации результаты апробированы при представлении более 42 докладов на международных конференциях. Основные результаты исследований изложены в 33 статьях, включенных в перечень ВАК, а приоритет полученных технических решений, закреплен 46 патентами на полезную модель.

В целом диссертационная работа Гавриша Сергея Викторовича является законченным научным трудом, выполненным на высоком уровне. Полученные в ней результаты обладают научной новизной, а выводы и заключения обоснованы. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным в п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", а ее автор Гавриш С.В. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.27.02 - "Вакуумная и плазменная электроника".

### Официальный оппонент

Власов Александр Николаевич,  
доктор технических наук,  
специальность 05.27.03 «Квантовая электроника»,  
Рязанский государственный радиотехнический  
университет, кафедра общей и  
экспериментальной физики, профессор

 / Власов А.Н./

«09» апреля 2018 г.

#### Адрес:

390005, Россия, г. Рязань, ул. Гагарина, 59.1

Телефон: 8-910-641-5494

E-mail: vlasov.a.n@rsreu.ru

Подпись Власова А.Н. заверяю  
Ученый секретарь РГРТУ, к.т.н., доцент  Пржегорлинский В.Н.