

ОТЗЫВ

официального оппонента заведующего лабораторией мощных газовых лазеров ИПФ СО РАН, доктора физико-математических наук Закревского Дмитрия Эдуардовича о диссертации Панарина Виктора Александровича «Транзиентные оптические явления, инициируемые потенциальным каналом импульсного разряда в воздухе, азоте, гелии и аргоне», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Актуальность исследования: Диссертация Панарина В.А. направлена на исследование нового физического объекта – образование протяжённых светящихся струй в местах изгиба потенциального канала импульсно-периодического разряда (апокампов), обнаруженного соискателем с коллегами в 2016г. Целью работы являлось выявление природы транзиентных световых явлений, инициируемых потенциальным каналом импульсного разряда. Поэтому изучение оригинального явления, определение его свойств, закономерностей формирования, адаптация методов и методик измерений для исследования нового объекта, определение места разряда, в котором образуются апокампы, в семействе газовых разрядов (физике плазмы) и соответственно генерация нового знания являются значимыми, а тема диссертации, цель и решаемые задачи являются актуальными.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы.

Первая глава является по сути обзорной, в которой представлена краткая классификация существующих источников плазменных струй атмосферного давления и применяемой терминологии. Отмечено, что плазменные струи характеризуются скоротечностью актов образования и прохождения волн ионизации, а также многообразием плазмохимических реакций в зоне генерации плазмы и в зоне распространения плазменной струи.

Во второй главе дано описание экспериментальных установок, методик регистрации процесса формирования плазменной струи, измерения её спектральных параметров, определения состава продуктов распада плазмы.

Третья глава непосредственно посвящена исследованию апокампиического разряда и сопутствующих ему явлений. Выявлены экспериментальные условия, необходимые для того, чтобы канал импульсно-периодического разряда стал источником визуально наблюдаемых светящихся струй. Оптические эксперименты продемонстрировали динамику формирования и характер струи апокампов - совокупность плазменных ступок (пуль), движущихся со скоростями порядка 200 км/с. Продемонстрировано, что для появления длинного и стабильного апокампа важную роль играет режим тепловыделения в канале разряда: установлено, что для формирования стабильного апокампа в воздухе при нормальных условиях необходимо несколько тысяч пробоев газоразрядного промежутка, за которые канал разряда последовательно переходит от искровой стадии к диффузной. Предложено описать развитие апокампа как развитие стримера, которое становится возможным благодаря тому, что приведенная напряженность электрического поля, определяющее скорость ионизационных процессов существенно превышает значение в холодном газе. Проведены исследования эмиссионных спектров апокампа в воздухе, а также с гелием и аргонном при атмосферном давлении среды и при различных условиях возбуждения. Спектральными методами изучен состав продуктов распада плазмы апокампиического разряда и показано, что для формирования апокампиического разряда необходима критическая величина прогрева газовой среды.

Четвертая глава диссертации посвящена изучению возможностей использования апокампиического разряда для экспериментального моделирования в лабораторных условиях некоторых типов транзиентных световых явлений, наблюдаемых в атмосфере Земли. Показано, что апокамп при пониженных давлениях обладает близкими спектральными и морфологическими характеристиками, присущими голубым струям и

стартерам, наблюдаемым в верхних слоях атмосферы. Сформулированы признаки сходства этих явлений и обозначены положительные качества (в отличие от традиционно используемых) лабораторного моделирования атмосферных транзиентных световых явлений апокампическим разрядом.

В Заключении приводятся основные результаты работы.

Оценивая в целом диссертационную работу Панарина В.А. считаю необходимым отметить следующее:

Научная ценность:

Обнаружен феномен апокампического разряда и определены условия устойчивого образования транзиентных световых явлений (апокампов) на изгибе потенциального канала импульсно-периодического разряда, что обеспечивает его воспроизводимость для любых исследовательских целей.

Получена большая совокупность экспериментальных данных о пространственно-временных параметрах формирования апокампа и тепловыделении в канале разряда в газах, которые были использованы для построения качественного теоретического описания явления на основе стримерной модели.

Создана экспериментальная установка, которая позволяет моделировать в лабораторных условиях транзиентные световые явления средней атмосферы, такие как голубые стартеры и струи. Полученные экспериментальные данные о пространственно-временных параметрах формирования апокампа позволили сделать вывод о том, что апокамп обладает спектральными и морфологическими характеристиками, присущими голубым струям и стартерам, наблюдаемым атмосфере Земли. Сформулировано пять признаков сходства этих явлений. Тем самым качественно прояснена природа указанных атмосферных явлений.

Предложена гипотеза о том, что добавка электроотрицательного газа стабилизирует плазменную струю в режиме с апокампом. Гипотеза подтверждена экспериментально для обозначенных условий.

Установлено, что химическим маркером прогрева, достаточного для появления апокампа в воздухе при нормальных условиях, служит запуск термохимических механизмов образования NO₂.

Новизна результатов диссертации несомненна. В диссертации впервые представлены результаты исследования нового физического объекта.

Практическая ценность результатов диссертации следует из того, что:

Предложенный способ получения плазменной струи позволяет воспроизводимо получать плазменные струи атмосферного давления в различных газах.

Созданная установка для изучения особенностей формирования апокампического разряда позволяет изучать и делать качественные выводы о динамике развития явления без использования техники высокоскоростной оптической визуализации.

Предложенный способ построения профилей интенсивности излучения апокампического разряда позволяет качественно судить о сопровождающих его процессах тепловыделения.

Экспериментальная установка позволяет моделировать в лабораторных условиях транзиентные световые явления средней атмосферы

Достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнения и подробно обоснована в диссертации. В основе утверждения о достоверности лежат: - близкое к 100% воспроизводимость феномена в описанных условиях; использование стандартных методов спектрометрии; повторяемость результатов измерений; использование современной регистрационной калиброванной аппаратуры; близость (для сопоставимых явлений) результатов к результатам измерений других авторов, а также совпадением систематизированных данных наземных и космических наблюдений за световыми явлениями.

Очень тщательно обоснована достоверность защищаемых положений.

Апробация материалов диссертации и публикации. Результаты диссертационной работы Панарина В.А. опубликованы в 20 печатных работах, в том числе в научных изданиях, имеющих высокий рейтинг (*Письма в ЖЭТФ, ЖЭТФ, Физика плазмы, ЖТФ, Оптика и спектроскопия, Известия ВУЗОВ. Физика, IEEE Transactions on Plasma Science, The European Physical Journal D* и др.), а также докладывались на Российских и Международных конференциях

Личный вклад соискателя очевиден. В диссертации четко и однозначно отмечена и выделена роль автора в совместных работах с соавторами.

В целом диссертация Панарина В.А. выполнена на высоком научном уровне и содержит новые оригинальные результаты. Автореферат диссертации точно отражает ее содержание.

Недостатки работы и замечания:

1. В качестве одной из задач диссертационной работы указано «...*сформулировать гипотезы относительно природы транзиентных световых явлений*». В диссертации с самого начала развивались представления о стримерной природе этого явления, никакие другие гипотезы не формулировались и не исследовались. На мой взгляд правильнее эту задачу обозначить как «... построение адекватной физической и математической модели явления».

2. В диссертации транзиентные эффекты исследовались в «...воздухе, азоте, аргоне и гелии». Непонятно почему не проведены исследования в других газах.

3. Экспериментально исследованное явление формирования апокампа только на изгибе канала потенциального импульсно-периодического разряда получило слишком общее качественное объяснение. Хотелось бы иметь более подробное физическое обоснование этого явления.

4. На с.65 представлены результаты теоретического моделирования апокампа. Имеет смысл выделить эту часть диссертации в отдельный самостоятельный пункт.

Некоторые неточности в написании диссертации затрудняют её чтение и изучение:

5. В диссертации для обозначения плазменных струй атмосферного давления введена аббревиатура ПСАД (с. 14, с. 16, с. 24), но для обозначения этого же явления на с. 16, с. 18, с. 24 используется, в том числе, аббревиатура APPJ (atmospheric-pressure plasma jet).

6. Неоднородность единиц. Например, на с. 84 скорость плазменных пульс выражена в км/ч, на с. 55 (и на многих других страницах) эта же скорость выражена в км/с. На с. 95 скорость распространения стримера в см/с. На с. 103 скорость стримеров выражена в см/мкс.

7. с.77 ссылка на рисунок 3,b – нет такого рисунка.

8. Имеются ошибки в цитировании литературы:

- с.32 ссылка на [85] отсутствует и появляется только на с.119 после текущей ссылки [221];
- с.35 ссылка на [89], по-видимому, должна быть ссылка [88];
- с.38 ссылка на [91], по-видимому, должна быть ссылка [90];
- с.51 ссылка на [98], по-видимому, ошибочна;
- с.72 ссылка на [231], но в списке литературы всего 228 источников;
- ссылка на [223] отсутствует.

Заключение:

Отмеченные выше недостатки диссертации не являются существенными и в целом не влияют на актуальность, научную новизну, основные результаты и выводы работы. Считаю, что в диссертации Панарина Виктора Александровича «Транзиентные оптические явления, инициируемые потенциальным каналом импульсного разряда в воздухе, азоте, гелии и аргоне», содержатся новые оригинальные результаты, имеющие существенное научное значение. Диссертация соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842 (ред. от 28.08.2017)

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Панарин Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика

Официальный оппонент,
Закревский Дмитрий Эдуардович,
доктор физико - математических наук
по специальности 01.04.21 – лазерная физика
заведующий лабораторией
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения
Российской академии наук
630090, Россия, Новосибирск,
проспект академика Лаврентьева, 13.
Тел. (383)3309055
Факс (383)3332766
e-mail zakrdm@isp.nsc.ru

Подпись Д.Э. Закревского заверяю

Учёный секретарь ИФП СО РАН
к.ф.-м.н.

19 ноября 2018 г.



С.А. Аржанникова

Контактные данные организации:
630090, Россия, Новосибирск,
проспект академика Лаврентьева, 13.
Тел. (383) 330-90-55
e-mail ifp@isp.nsc.ru
Сайт <http://www.isp.nsc.ru>