

ОТЗЫВ

официального оппонента 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 типа разряда, названного апокампическим, - нового объекта исследований - световых явлений, инициируемых потенциальным каналом высоковольтного импульсно-периодического разряда. Поэтому тема диссертации, цель и решаемые задачи являются актуальными.

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

В первой главе предложена краткая классификация традиционных источников плазменных струй атмосферного давления. Отмечено, что для изучения процессов формирования плазменных струй важное место занимает оптический подход. Он используется для визуализации явления, для выяснения его морфологических черт, динамики развития плазменных струй в газовых средах при различных условиях возбуждения. Это позволяет определять спектральный состав излучения плазменных струй и характерные параметры плазмы (электронную температуру и концентрацию электронов).

Во второй главе дано описание экспериментальных установок и методик измерения. Поскольку апокамп является скоротечным событием, то экспериментальная аппаратура и методы исследований обеспечивают: а) получение устойчивых плазменных струй в широком диапазоне параметров возбуждения; б) регистрацию образования и развитие явления с высоким временным разрешением; в) возможность варьирования состава газовых сред плазменных струй и оперативного мониторинга их спектральных характеристик.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований апокампа. Выявлены условия формирования апокампов в воздухе при атмосферном давлении. Показано, что канал разряда становится источником визуально наблюдаемых световых струй, если он имеет естественный или принудительный изгиб. Рассчитанные характеристики стримера (скорость распространения, диаметр) находятся в разумном согласии с измеренными параметрами апокампа в воздухе атмосферного давления. Это позволило сделать вывод, что диффузная часть апокампа может быть описана стримерным механизмом.

Представлены экспериментальные данные об эмиссионных спектрах апокампического разряда в воздухе, гелии и аргоне. Спектр апокампа в воздухе атмосферного давления содержит полосы N_2 и N_2^+ . Самым интенсивным является излучение второй положительной системы азота N_2 . Это означает, что температура электронов в этих условиях близка к оптимальной для заселения состояния $N_2(C)$. Установлено, что излучение молекул N_2 и N_2^+ обусловлено в основном переходами из нижних колебательных уровней электронных состояний, что объясняется тем, что при атмосферном давлении происходит быстрая колебательная релаксация. В спектре апокампа с гелием основными излучающими компонентами являются He, N_2 , N_2^+ , O и OH.

Четвёртая глава посвящена изучению возможностей использования апокампического разряда для реконструкции некоторых типов транзиентов в лабораторных условиях. Дан обзор исследований транзиентных световых явлений средней атмосферы Земли - голубых струй, стартеров и спрайтов. Предложенный в работе подход для лабораторного моделирования транзиентных световых явлений, имеющих место в атмосфере, является хорошей базой для исследований в этой области. Показано, что изменение цвета транзиентов при изменении плотности воздуха происходит аналогичным образом и в эксперименте, и в природе. Возбуждение излучающих состояний молекул воздуха в этих светящихся объектах происходит преимущественно в стримерных фронтах, как в апокампах.

В Заключении приводятся основные результаты работы.

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

Научная ценность

1. В работе открыт новый тип разряда, расширяющий номенклатуру световых явлений, существенный для прогресса атмосферной оптики и физики газового разряда и определены условия

устойчивого образования транзитных световых явлений (апокампов) на изгибе потенциального канала импульсно-периодического разряда.

2. Полученные экспериментальные данные о пространственно-временных параметрах формирования апокампа и тепловыделении в канале разряда в воздухе при нормальных условиях свидетельствуют в пользу применимости стримерной модели для описания явления.

3. Определён спектральный состав излучения апокампа при атмосферном давлении в воздухе, азоте и гелии; при давлениях от 10 Торр до 1 атм - для воздуха и азота.

4. 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 в атмосфере Земли. Тем самым прояснена природа указанных атмосферных явлений.

5. Установлено, что химическим маркером прогрева, достаточного для появления апокампа в воздухе при нормальных условиях, служит запуск термохимических механизмов образования NO_2 .

Практическая значимость результатов диссертации очевидна:

1. Предложенный способ получения плазменной струи позволяет получать плазменные струи атмосферного давления в воздухе без принудительной прокачки воздуха и снижает расход газа на порядок (патент RU№ 2633705, приоритет от 20.06.2016 г.).

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

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

Новизна результатов диссертации также несомненна:

1. В диссертации представлено обнаруженное явление апокампового разряда и выявлены условия его образования в воздухе, азоте и аргоне.

2. Установлен спектральный состав элементов апокампового разряда (канал разряда, отросток, область диффузной струи) в воздухе, азоте, аргоне и гелии.

3. Доказано сходство плазменных струй, формируемых в режиме апокампового разряда, и транзитных световых явлений средней атмосферы.

4. Установлен состав продуктов распада плазмы апокампового разряда в воздухе при нормальных условиях.

Апробация материалов диссертации и публикации. Результаты диссертационной работы Панарина В. А. опубликованы в 34 печатных работах, в том числе в научных изданиях, имеющих высокий рейтинг (например, см. [ПисьмаЖЭТФ, IEEE Transactions on Plasma Science, J. Phys. D: Appl. Phys.]), в том числе в журналах по оптической тематике из списка ВАК (Оптика и спектроскопия, Оптика атмосферы и океана), а также в главе в зарубежной монографии. Получено 2 патента, результаты работы широко докладывались на Российских и Международных конференциях.

Личный вклад соискателя состоял в создании экспериментальных стендов, проведении экспериментальных исследований, обеспечении данных для теоретического моделирования процесса формирования положительного стримера.

В целом диссертация Панарина В. А. содержит **достоверные** данные, которые подтверждаются систематическим характером исследований, реализацией научных положений и выводов при создании конкретных установок, что подтверждается публикациями соискателя. **Обоснованность** выводов закономерно вытекает из результатов экспериментов и расчетных данных модели феномена. Автореферат диссертации точно отражает ее содержание.

Недостатки работы и замечания

1. В работе неудачно представлены спектральные характеристики на рисунках (рис. 3.26, рис. 4.14, рис. 4.15). Отдельные части рисунка имеют разный масштаб по оси Y, что затрудняет формулировку выводов. Например, на стр. 72 на основе рис. 3.26 сделан вывод, что спектр апокампа богаче, чем спектр коронного разряда, однако из рисунка это не следует.

2. Непонятно, что автор подразумевает под определением «тепловое излучение» на стр. 77. Тепловым излучением могут обладать как газовые, так и конденсированные среды. На рис. 3.29 можно выделить 2 полосы на длинах волн выше и ниже 500 нм. Континуальное излучение на длинах воли меньше 500 нм, вероятнее всего, определяется молекулой NO_2 , обладающей в видимом диапазоне сильной электронной полосой, что как раз и подтверждает заключение автора об NO_2 . как о

химическом маркере апокампа.

3. Отсутствуют доверительные интервалы на рисунках (рис. 3.32, рис. 3.33, рис. 4.17).

4. Утверждается, что в спектре апокампа в гелии (стр. 73) идентифицирована полоса ОН, однако в тексте не приводятся её характеристики, а на рис. 3.27 этой полосы не видно.

5. Выражение «ИК-фурье спектры» (стр. 37, стр. 78) требует конкретизации: поглощения или излучения.

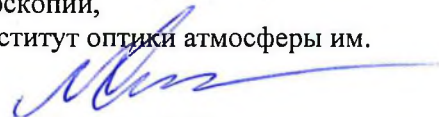
6. Имеются отдельные стилистические ошибки в тексте диссертации (стр. 14, стр. 38, стр. 77, стр. 78, стр. 84, стр. 121). Рисунок 2.5 обозначен как Рис. 2.4.

Заключение. Отмеченные выше недостатки диссертации не влияют на 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» представлено решение актуальной научной задачи, она содержит новые результаты, имеющие существенное значение для решения практических задач атмосферной оптики, плазмохимической обработки. Диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автор диссертации, Панарин Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05. - оптика.

Официальный оппонент,

Синица Леонид Никифорович доктор физико - математических наук по специальности 01.04.05 - оптика, профессор по специальности «оптика», главный научный сотрудник лаборатории молекулярной спектроскопии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук
12 ноября 2018 г.



634055, Россия, Томск, площадь Академика Зуева, 1.

Тел. (3822)492738

Факс 3822)492085

e-mailsn@iao.ru

director@iao.ru, <https://www.iao.ru>

Подпись Л.Н. Синицы заверяю

Ученый секретарь к.ф.-м.н.

13 ноября 2018 г.



О.В.Тихомирова