

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Белоплотова Дмитрия Викторовича

«Оптическое излучение плазмы высоковольтных наносекундных разрядов, формируемых в неоднородном электрическом поле в условиях генерации убегающих электронов»,
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 – «Оптика»

Актуальность темы диссертационной работы

Необратимое и поступательное движение науки и техники требует от исследователей поиска решений непрерывно возникающих научных проблем и задач во всех отраслях знаний. К таким задачам можно отнести определение свойств и параметров излучения плазмы наносекундного разряда в неоднородном электрическом поле в условиях генерации убегающих электронов в различных газах и режимах горения разряда, решение которых имеет значение при создании газоразрядных источников оптического излучения с контролируруемыми спектральными и амплитудно-временными характеристиками, а также для плазменных технологий, где знание данных параметров в конечном счете определяет результат воздействия плазмы разряда на объект. Наносекундный разряд в неоднородном электрическом поле в условиях генерации убегающих электронов привлекает внимание иностранных и российских исследователей благодаря возможности создания однородной низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении газа, заполняющего разрядный промежуток, что открывает перспективы применения таких разрядов не только в качестве источников спонтанного и вынужденного излучения, но также в химии, медицине, технологиях модификации поверхности различных материалов, системах контроля быстрых воздушных потоков и поджига горючих смесей. Поэтому исследования, проводимые Белоплотовым Д.В., являются актуальными, а их результаты имеют спрос среди исследователей, работающих в соответствующих областях науки.

Основные результаты диссертационной работы Белоплотова Д.В., нашедшие отражение в защищаемых научных положениях и обладающие научной новизной:

- На основе регистрации и последующего анализа из различных участков разрядного промежутка временного хода интенсивности излучения полос перехода S^3P_u-

$B^3\Pi_g$ молекулы, возбуждаемого в предпробойной стадии высоковольтного наносекундного разряда в азоте и азотосодержащих смесях при атмосферном давлении и выше, предложен оптический метод исследования динамики развития ионизационных процессов, протекающих на данной стадии разряда. Данный метод дает возможность экспериментально исследовать развитие волн ионизации в промежутке при субнаносекундном пробое в условиях генерации убегающих электронов, что для описанных условий является нетривиальной задачей. Работоспособность метода подтверждается качественным согласием результатов его апробации, с результатами численного моделирования, представленными в работе: Sklyaeв V. A. On the dynamics of a subnanosecond breakdown in nitrogen below atmospheric pressure / V. A. Shklyaeв, E. Kh. Baksht, S. Ya. Belomyttsev, A. G. Burachenko, A. A. Grishko, V. F. Tarasenko // Journal of Applied Physics. – 2015. – V. 118. – 213301(5 p.).

- Установлены условия, при которых в **диффузном** наносекундном импульсно-периодическом разряде в промежутке типа «острие–плоскость» наблюдается эффективное распыление и люминесценция материала острейного электрода, как это происходит при дуговом и искровом разрядах. Однако ключевой особенностью исследованного разряда является состояние плазмы – в **диффузном** наносекундном импульсно-периодическом разряде она неравновесна. Температура тяжелых частиц (молекул, атомов) существенно не отличается от комнатной температуры. В результате, как показано в диссертационной работе, в спектре излучения отсутствует широкополосное тепловое излучение, что, например, свойственно искровому и дуговому разрядам. Исследованный режим разряда представляет интерес с точки зрения создания точечных источников спонтанного излучения на переходах атомов и ионов металла, а также для получения высокодисперсных порошков.

- Обнаружено, что при наносекундном импульсно-периодическом разряде в промежутке типа «острие–плоскость» оптимальные условия для возбуждения перехода $C^3\Pi_u-B^3\Pi_g$ молекулы азота складываются в центре разрядного промежутка, а не вблизи острия, как это следовало бы ожидать, исходя из распределения напряженности электрического поля в промежутке такого типа: приведенная напряженность

электрического поля близка к оптимальным для возбуждения $C^3\Pi_u$ -состояния молекулы азота значениям вблизи острейного электрода. Причиной этого несоответствия, по мнению автора диссертационной работы, является высокая концентрация электронов в плазме вблизи острейного электрода вследствие образования электродных пятен (взрывоэмиссионных центров), что приводит к девозбуждению $C^3\Pi_u$ -состояния молекулы азота.

- Показано, что газодинамические процессы при наносекундном импульсно-периодическом разряде в азоте в условиях образования паров материала электродов, способствующие их распылению и последующему осаждению на стенках газоразрядной камеры, могут быть визуализированы за счет возбуждения длительной ($\sim 1-2$ мс) люминесценции атомов меди, образующихся при взрыве микроострий на поверхности электродов из меди, в процессе резонансной передачи энергии с метастабильного $A^3\Pi_u^+$ -состояния молекулы азота на уровень $3d^{10}4d$ атома меди.

Достоверность результатов диссертационной работы Белоплотова Д.В.

Достоверность результатов исследований подтверждается их согласием с известными литературными данными, воспроизводимостью, а также набору большой статистики, сводящей к минимуму влияние случайных неконтролируемых факторов.

Общие замечания

1. На мой взгляд, нецелесообразно ставить обзор литературы, как одну из задач работы. Обзор, конечно, необходим, в частности для уточнения целей и задач основной части диссертации. Кроме того, в данной диссертации он слишком велик по объему и составляет почти треть всего текста.

2. Не вполне обосновано на с. 84 звучит утверждение о том, что ФРЭЭ ведет себя в азоте аналогично тому, как в гелии, ведь это существенно разные газы: гелий атомарный инертный газ, азот – молекулярный.

3. В гл. 4 утверждения о механизмах излучения в разряде в некоторых случаях носят предположительный характер. В частности, тот факт, что интенсивность излучения линий азота максимальна в центральной части разряда можно, также предположительно,

объяснить и тем, что у электродов наблюдается повышенная концентрация атомов металла, которые за счет своей ионизации снижают температуру электронов и тем самым препятствуют возбуждению электронным ударом молекул азота.

4. На с. 121 утверждается, что длительное послесвечение линий меди объясняется передачей возбуждения от метастабильных А-состояний молекулы азота. Но длительное послесвечение может объясняться и рекомбинацией ионов меди, созданных в течение импульса тока. Желательно было бы убедиться, что предложенный механизм послесвечения верен, заменив в разряде азот на другой газ, например, аргон. Тогда длительное послесвечение должно исчезнуть.

5. Диссертация в целом оформлена тщательно и аккуратно. Но все же в тексте не удалось избежать досадных опечаток и некоторых недостатков. Так, на с. 54 слова «точечных источников УФ излучения», написано «точных». На с. 81 в предложении, следующем за формулой (3.2) частица «не» после $\tau_{ж}$, по-видимому, лишняя. Не полностью расшифрованы обозначения в подписях к рис. 1.9, 1.27. По-видимому, не совсем точно обозначены кривые на рис. 1.28в. Имеется опечатка в подписи к рис.3.11. В тексте по поводу рис. 3.18 говорится о давлении азота 130 Па, а на самом рисунке указаны давления 30 и 100 Торр.

Несмотря на перечисленные недостатки, замечания и пожелания диссертация Белоплотова Д.В. оставляет очень хорошее впечатление и по уровню и качеству проведенных экспериментальных исследований и по их анализу и интерпретации. Поэтому по поводу данной диссертации можно сделать следующее заключение.

Заключение

Диссертационная работа Белоплотова Дмитрия Викторовича выполнена на высоком научном уровне. Соискателем проведен большой объем работ, включающий подготовку трех экспериментальных стендов, разработку оптического метода исследования динамики субнаносекундного пробоя, проведение экспериментов (исследование оптических характеристик излучения плазмы наносекундного разряда, формируемого в условиях генерации убегающих электронов, в моноимпульсном и импульсно-периодическом режимах; исследование газодинамических процессов, протекающих в межимпульсном интервале времени, методом теневой съемки на основе

CuBr-лазера) обработку исходных данных, интерпретацию полученных результатов. Сделанные замечания не снижают общую ценность работы.

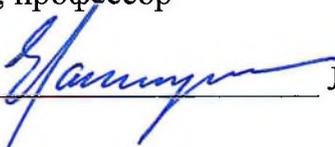
Результаты диссертационной работы Белоплотова Д. В. опубликованы в известных рецензируемых иностранных и российских журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, а также докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Автореферат правильно отражает основное содержание, полученные результаты и выводы диссертации.

Диссертация Белоплотова Дмитрия Викторовича является научно-квалификационной работой на актуальную тему, соответствует специальности 01.04.05 – «Оптика» и отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Белоплотов Дмитрий Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика».

Официальный оппонент:

профессор кафедры квантовой радиофизики физического факультета ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, профессор

 Латуш Евгений Леонидович

30 ноября 2016 г.



Эту подпись
я подтверждаю

Официальный секретарь Совета
Южного федерального университета
Мирошниченко О.С.



Адрес: 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42;

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»

Тел. 8(863)305-19-90

E-mail: info@sfedu.ru;

Вэб-сайт: http://www.sfedu.ru