

## ОТЗЫВ

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

**Актуальность.** Диссертационная работа Белоплотова Д.В. посвящена свойствам оптического излучения плазмы высоковольтных наносекундных разрядов в моноимпульсном и импульсно-периодическом режимах в условиях генерации убегающих электронов. Наличие убегающих электронов определяет главное свойство такого разряда – его однородность в различных газах при атмосферном давлении и выше, что делает данный тип разряда привлекательным для применения в источниках излучения, а также в технологиях, связанных с воздействием низкотемпературной плазмы на объекты различной природы.

Конкретные задачи, которые решались Белопловым Д.В. в рамках диссертации, связаны с разработкой оптического метода исследования волн ионизации при субнаносекундном пробое, а также с изучением люминесцентных свойств атомов и ионов, образующихся из материала электродов при наносекундном разряде в диффузном и контрагированном режимах.

**Результаты.** Предложен и апробирован оптический метод исследования динамики развития ионизационных процессов при субнаносекундном пробое промежутка, заполненного азотом высокого давления. Отличие предложенного метода от существующих состоит в том, что посредством анализа уравнения баланса для концентрации молекул азота в  $S^3P_u$ -состоянии установлена связь между интенсивностью излучения полос перехода  $S^3P_u - V^3P_g$  и приведенной напряженностью электрического поля. Это позволяет увязать динамику пробоя промежутка с поведением поля в нем.

Выяснено, что в режиме отсутствия согласования нагрузки и генератора при диффузном наносекундном импульсно-периодическом разряде в промежутке «острие–плоскость» обеспечиваются условия, при которых происходит активное распыление материала электродов, сопровождающееся люминесценцией атомов и ионов металла. Данный режим разряда может быть использован как для получения высокодисперсных порошков, так и для создания источников излучения на переходах атомов и ионов металла.

Установлено, что при разряде в азоте в промежутке «острие–плоскость» с неоднородным распределением напряженности электрического поля оптимальные условия для излучения на переходе  $S^3P_u - V^3P_g$  создаются не вблизи острия, где электрическое поле максимально, но в центре разрядного промежутка.

Обнаружено, что при наносекундном импульсно-периодическом разряде в режиме распыления материала электродов из меди длительность люминесценции атомов меди может достигать единиц миллисекунд за счет передачи энергии от молекул азота, находящихся в метастабильных состояниях, причем длительность люминесценции атомов меди в данном случае сопоставима с длительностью протекания газодинамических процессов, что обеспечивает их визуализацию.

**Замечание.** На странице 19 указано, что вероятной причиной меньшей интенсивности излучения на переходе  $C^3P_u - B^3P_g$  вблизи электродов являются процессы ступенчатой ионизации, приводящие к быстрому опустошению  $C^3P_u$ -состояния молекулы азота вследствие высокой концентрации электронов. В связи с этим предположением было бы интересно сравнить скорости соответствующих процессов со скоростью радиационного распада  $C^3P_u$ -состояния.

**Заключение.** Несмотря на замечание, диссертация Белоплотова Дмитрия Викторовича является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК. Белоплотов Дмитрий Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Даю свое согласие на обработку персональных данных.

Начальник лаборатории кинетики слабоионизованной плазмы, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика и химия плазмы, профессор

Юрий Семенович Акишев

Дата: 15 ноября 2016 г.

108840, Россия, г. Москва, г. Троицк,  
Акционерное Общество "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований" (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ"),  
ул. Пушкиновых, владение 12.  
Телефон: 8 495 841 5236;  
e-mail: liner@triniti.ru;  
website: <http://www.triniti.ru>

Подпись Акишева Юрия Семеновича заверяю:

Ученый секретарь Акционерного Общества "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований" (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ")

кандидат физико-математических наук



Александр Александрович Ежов