

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Сясько Алексея Владимировича на тему: «Влияние тепловых, кинетических и радиационных эффектов на контракцию тлеющего разряда в инертных газах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 — Физика плазмы.

Хорошо известно, что возникновение неустойчивости положительного столба тлеющего разряда часто сопровождается контракцией. Одновременно с контракцией происходит развитие двумерных ионизационных волн большой амплитуды (страт), распространяющихся вдоль токового шнура. Существуют различные точки зрения на природу и механизмы контракции положительного столба разряда. Однако до настоящего времени нет единой точки зрения на вопрос о том, какой механизм приводит к контракции положительного столба разряда. Проблема осложняется также тем, что на процессы возникновения контракции существенное влияние может оказывать перенос резонансного излучения, что стало предметом детального исследования, основанного на точном решении уравнения Бибермана-Холстейна, только в последнее время. Принимая во внимание важность практических приложений газового разряда и фундаментальный характер рассматриваемых явлений для физики плазмы и газового разряда, тема диссертационной работы Алексея Владимировича Сясько является, безусловно, **актуальной**.

Выяснение механизмов контракции положительного столба газового разряда должно опираться на всесторонние исследования тепловых, кинетических и радиационных процессов, проводимых в комплексе. Представленная к защите работа А. В. Сясько, как раз и может быть отнесена к такому взаимосвязанному комплексу: экспериментальному и теоретическому исследованию роли тепловых, кинетических и радиационных процессов при контракции положительного столба разряда в инертных газах при промежуточных давлениях в десятки и сотни Тор и токах в десятки и сотни миллиампер.

Основные результаты диссертации, обладающие несомненной **новизной**, могут быть сформулированы следующим образом.

1. Описана феноменология контракции положительного столба тлеющего разряда в гелии, практически отсутствующая в литературе до настоящего времени.
2. Показано, что при контракции в аргоне и неоне происходит образование узкого токового канала, сопровождающееся сжатием зоны излучения и ионизации. В гелии, в отличие от аргона и неона, при контракции происходит сжатие лишь зоны излучения и ионизации, а разрядный ток протекает через все сечение разрядной трубки, что позволяет контракцию в гелии назвать оптической.
3. Представлены измеренные и рассчитанные радиальные профили температуры нейтрального газа в аргоне, неоне и гелии. Верификация температуры нейтрального газа в аргоне и неоне была произведена с помощью интерференционных методов; в гелии температура газа была измерена по

относительной интенсивности переходов вращательной структуры молекулярных полос.

4. Экспериментально продемонстрирована роль тепловых и кинетических эффектов при контракции положительного столба тлеющего разряда в аргоне, неоне и гелии. Показано, что в аргоне и неоне тепловые механизмы не играют определяющей роли, а основным механизмом контракции является кинетический эффект, связанный с максвеллизацией функции распределения электронов. В гелии, в отличие от аргона и неона, основным механизмом контракции является неоднородный разогрев нейтрального газа.
5. Рекомбинация заряженных частиц в объеме плазмы аргона и неона ведет к образованию узкого токового канала при контракции в этих газах. В противоположность этому, в гелии гибель заряженных частиц главным образом происходит на стенках разрядной трубки за счет амбиполярной диффузии, рекомбинационные процессы не играют существенной роли и имеет место лишь контракция линейчатого излучения.
6. Впервые численно описан эффект всплытия контрагированного шнура в аргоне на основе совместного решения уравнений теплопроводности и Навье-Стокса, что нашло убедительное подтверждение в эксперименте.
7. Впервые применен метод совместного решения уравнения баланса заряженных частиц и точного решения уравнения Бибермана-Холстейна на примере простой модели ионизационного баланса в аргоне.
8. Проанализировано влияние переноса резонансного излучения на параметры и радиальные распределения компонент плазмы на примере контрагированного разряда в аргоне. Предложен метод Фурье-анализа, связанный с разложением компонент плазмы по диффузионным и радиационным модам.

Характеризуя диссертационную работу А. В. Сясько в целом, можно заключить, что она производит очень хорошее впечатление. Прежде всего, следует отметить прекрасный обзор результатов предыдущих исследований, который показывает нерешенность целого ряда вопросов при теоретическом и экспериментальном изучении контракции. Далее, сочетание нескольких методов экспериментального исследования плазмы (оптических, спектроскопических, интерференционных) с вариацией в способах создания газового разряда (разряд постоянного тока, импульсно-периодический разряд, термостатирование стенок разрядной трубки), а также кинетического описания положительного столба и расчета влияния излучения на процессы контракции на основе точного решения уравнения Бибермана-Холстейна, делает полученные результаты и выводы в высшей степени убедительными и достоверными.

По работе имеется следующее небольшое **замечание**. В русскоязычной научной литературе единица давления «Тор» пишется с заглавной буквы и с одним «р», в англоязычной – с двумя ”г”.

Сделанное замечание не имеет принципиального характера и не снижает общую высокую положительную оценку работы.

Диссертация Сясько Алексея Владимировича на тему: «Влияние тепловых, кинетических и радиационных эффектов на контракцию тлеющего разряда в инертных газах»

**соответствует** основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Сясько Алексей Владимирович **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – Физика плазмы. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Председатель диссертационного совета  
доктор физико-математических наук,  
профессор, заведующий кафедрой оптики



Н.А. Тимофеев

09 мая 2020 г.