

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Рожанского Владимира Александровича 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

Диссертационная работа Сясько Алексея Владимировича посвящена исследованию влияния тепловых, кинетических и радиационных процессов на контракцию положительного столба тлеющего разряда в инертных газах на примере неона, аргона и гелия при давлениях газа в десятки и сотни торр и токах десятки и сотни миллиампер. Не смотря на то, что явление контракции известно на протяжении более сотни лет, а также существуют теоретические модели, успешно предсказывающие скачкообразное сжатие плазмы, до настоящего времени в литературе отсутствует единая точка зрения о том, за счет какого механизма происходит контракция разряда.

Рассматривая в качестве наиболее общих механизмов контракции неоднородный разогрев нейтрального газа, приводящий к перераспределению нейтральных частиц по объему разряда, и особенности формирования функции распределения электронов (ФРЭ) в условиях конкуренции электрон-атомных и межэлектронных столкновений, автором были поставлены эксперименты, которые наглядно демонстрируют основной механизм, приводящий к контракции в неоне, аргоне и гелии. Показано, что в неоне и аргоне контракция разряда вызвана кинетическим механизмом, связанным с особенностями формирования ФРЭ, в то время как неоднородный разогрев газа никак не сказывается на этом явлении. При этом в аргоне разогрев газа оказывается более ярко выраженным и ведет к всплыванию контрагированного шнура. В гелии, в отличие от неона и аргона, эксперименты показали, что именно неоднородный разогрев газа приводит к контракции разряда. Более того, явление контракции в гелии принципиально отличается от контракции в других инертных газах. Из-за малоэффективной гибели заряженных частиц в объеме плазмы по сравнению с гибелью на стенках разрядной трубки за счет амбиполярной диффузии, при контракции в гелии не происходит сжатие токового канала, как это наблюдается в неоне и аргоне. При контракции в гелии происходит лишь сжатие излучения спектральных линий. Подобное явление в гелии было названо оптической контракцией.

Помимо кинетического и теплового механизмов, в работе демонстрируется влияние пленения резонансного излучения на параметры разряда в рамках столкновительно-радиационной модели, описывающей контракцию разряда в аргоне. Результаты показывают, что перенос резонансного излучения, приводящий к возникновению возбужденных частиц за пределами зоны возбуждения, значительным образом влияет на параметры разряда в контрагированном состоянии, когда компоненты плазмы сжаты к оси разряда и сильно отличаются от фундаментальных диффузионных и радиационных мод.

Представленная работа обладает существенной значимостью и вносит большой вклад для понимания механизмов формирования неустойчивости типа контракция в неравновесной газоразрядной плазме.

По тексту работы можно сделать следующие замечания:

1. Достоверность численного решения кинетического уравнения с учетом межэлектронных столкновений подтверждена в диссертации сопоставлением с расчетами имеющимися численными кодами. Это можно было бы дополнить применением других методов, таких как метод MMS (method of manufactured solutions), что продемонстрировало бы достоверность без привлечения результатов других кодов.
2. Хотелось бы видеть на числах, что действительно влияние электрон-электронных столкновений начинается, когда электрон-электронная частота столкновений сравнивается с электрон-нейтральной частотой столкновений, умноженной на отношение масс электронов и нейтральных частиц.
3. Разработанная в диссертации модель переноса излучения с учетом его пленения могла бы найти применение в кодах для расчета пристеночной плазмы токамаков-реакторов типа ИТЭР, ДЕМО и т.д., где эти эффекты, по-видимому, существенны.

Диссертация Сясько Алексея Владимировича на тему: «Влияние тепловых, кинетических и радиационных эффектов на контракцию тлеющего разряда в инертных газах», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – «Физика плазмы», 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.

Член диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор СПбПУ



20.04.2020

В.А. Рожанский