

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор СПбГУ

по научной работе

С. П. Туник

апреля 2014 г.



ведущей организации на диссертацию  
Шахсинова Гаджи Шабановича  
“НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КИНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С УЧАСТИЕМ  
МЕТАСТАБИЛЬНЫХ АТОМОВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ В ПЛАЗМЕННЫХ  
ВОЛНОВОДАХ ”,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук  
по специальности 01.04.04 – физическая электроника

Исследование нестационарных тлеющих разрядов с целью поиска рабочих сред и разрядных условий для получения высокоэнергетичных электронов представляет большой интерес. Такие газовые разряды могут найти широкое применение в технике, научных исследованиях, физических, химических, биологических технологиях и т.д. Особый интерес представляют газоразрядные системы, в которых высокоэнергетичные электроны рождаются непосредственно в самом разряде. Богатство процессов, характерных для газоразрядной плазмы, делает такие объекты чрезвычайно интересными и привлекательными для изучения. Наряду с высокоэнергетичными электронами в таких разрядах могут образовываться возбужденные атомы и ионы, в частности метастабильные атомы, в весьма значительных концентрациях, которые могут влиять на процессы ионизации, возбуждения, являться каналом аккумуляции энергии и т.п., и, таким образом, влиять на формирование разряда. Работа Г. Ш. Шахсинова как раз и посвящена изучению кинетических процессов с участием метастабильных атомов инертных газов в пламенных волноводах в условиях создания высокоскоростной волны ионизации. До настоящего времени эти вопросы исследованы не были, поэтому важность и актуальность работы не вызывает сомнений.

К наиболее значимым результатам, имеющим несомненную научную новизну, можно отнести следующие:

- 1) разработана методика комплексного исследования структуры фронта высокоскоростной волны ионизации и процессов образования метастабильных атомов в высоковольтных наносекундных разрядах в

плазменных волноводах, наполненных инертными газами при средних давлениях;

- 2) исследованы общие закономерности формирования структуры фронта высокоскоростной волны ионизации в коаксиальных плазменных волноводах с цилиндрическими полыми электродами;
- 3) проведено исследование режимов формирования и энергетической релаксации группы высокоэнергетичных электронов на фронте высокоскоростной волны ионизации и изучение роли физических процессов на границе диэлектрических стенок разрядной трубки в формировании и распространении высокоскоростной волны ионизации;
- 4) изучены кинетические эффекты с участием метастабильных атомов инертных газов в высокоскоростных волнах ионизации в плазменных волноводах;
- 5) проведен анализ процессов с участием метастабильных атомов в плазменных волноводах, наполненных инертными газами.

Следует подчеркнуть, что в работе впервые выполнено комплексное исследование формирования структуры фронта высокоскоростной волны ионизации в плазменных волноводах, снабженных полыми электродами и наполненных инертными газами в широком диапазоне изменения условий в разряде, амплитуд и длительностей высоковольтных импульсов напряжения. Это является безусловным достоинством представленной диссертации. Вторым не менее важным достоинством работы является то, что для решения поставленных задач наряду с привычными и хорошо апробированными методами исследования плазмы был использован целый набор современных экспериментальных методов: 1) методы емкостных и оптических зондов с наносекундным временным разрешением, 2) метод скоростной фоторегистрации в покадровом режиме с наносекундным временным разрешением с использованием комплекса высокоскоростной Princeton Instruments - PI-MAX3 ICCD Camera, 3) метод лазерной абсорбционной спектроскопии с наносекундным временным разрешением. Умелое использование сложных экспериментальных методов и методик свидетельствует о высокой квалификации диссертанта как экспериментатора. Для теоретического анализа кинетических эффектов в высокоскоростных волнах ионизации использовалось численное моделирование.

Все полученные в диссертации экспериментальные результаты и теоретические выводы обладают высокой надежностью и достоверностью. Достоверность результатов и обоснованность выводов обусловлены внутренней непротиворечивостью полученных данных, совпадением результатов с данными, полученными другими авторами там, где имелась возможность сравнения, использованием современных методик эксперимента, современных аналитических и численных методов, хорошим количественным совпадением результатов теоретического анализа с экспериментальными данными.

Результаты диссертационной работы представляют интерес для таких организаций как СПбГУ и СПбГТУ (г. С. Петербург), ФТИ им. А. Ф. Иоффе, МГУ им. М. В. Ломоносова, ИСЭ СО РАН (Томск), а также для других организаций, в которых проводятся исследования в области физики плазмы импульсного сильноточного разряда и физической электроники. Разработанные методики и полученные результаты могут быть рекомендованы для включения в учебные пособия для студентов, изучающих физику плазмы и физику газового разряда.

Несмотря на все достоинства представленной на рассмотрение работы, необходимо сделать следующие замечания.

1. Чисто техническое замечание, связанное с аккуратностью оформления работы: есть несоответствия в нумерации уравнений. Так, на стр. 106 упомянуто уравнение (8), которое по смыслу излагаемого должно быть нестационарным уравнением для концентрации метастабильных атомов. Однако это уравнение никак не отмечено.

2. Во второй главе дается тщательный анализ причин погрешностей измерений, в частности, погрешностей определения концентраций возбужденных атомов. При этом не дается сама величина относительной погрешности. На рисунках, где приведены данные измерений, также погрешность отсутствует.

3. Замечание, которое может быть интерпретировано как пожелание на проведение исследований в будущем. Время «жизни» возбужденных (метастабильных) атомов инертных газов в исследуемом разряде по оценкам автора составляет сотни микросекунд. Это существенно больше времени возбуждения на фронте волны и больше времени, в течение которого проводились измерения (до примерно 1 мкс). Большие концентрации возбужденных атомов в «послесвечении» исследуемого разряда без сомнения будут причиной различных плазмохимических процессов, которые было бы интересно исследовать. Особенно принимая во внимание возможности автора по изучению взаимодействия со стенками разрядной камеры, и особенно в случае, если не ограничиваться разрядом в инертных газах.

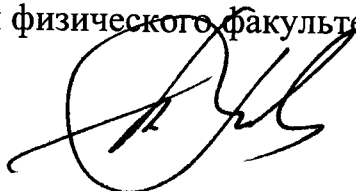
Отмеченные недостатки не снижают высокой оценки диссертации в целом. Диссертация представляет собой законченное научное исследование, направленное на решение важной и актуальной задачи.

Результаты исследований отражены в публикациях в профильных научных журналах, многократно докладывались на всероссийских и международных конференциях. Автореферат полностью отражает материал диссертации. По актуальности задач, новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Шахсинова Гаджи Шабановича удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Отзыв обсуждался и был одобрен на научном семинаре лаборатории физики плазмы кафедры оптики физического факультета СПбГУ 01 апреля 2014 г.

Зав. каф. оптики  
профессор



Н. А. Тимофеев

Зав. лабораторией физики плазмы  
Профессор



Ю. Б. Голубовский

*Handwritten notes:*  
Н. А. Тимофеев  
Кав  
С. С. М.



*Handwritten notes:*  
Ю. Б. Голубовский  
Кав  
С. С. М.

