

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Фроловой Валерии Петровны «Генерация многозарядных и многокомпонентных импульсных ионных пучков на основе сильноточной вакуумной дуги микросекундной длительности», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 Физическая электроника.

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы связана, с одной стороны, высокой значимостью практического использования импульсных ионных ускорителей, а с другой стороны, с попыткой решения ряда задач чисто исследовательского, фундаментального характера. Практическая значимость определяется достаточно широким использованием импульсных ионных источников в задачах инженерии поверхности, модифицирования изделий из металлических, диэлектрических и полупроводниковых материалов, генерации интенсивных потоков нейтронов, создания ионных инжекторов в других типах ускорителей, использования в качестве движителей космических аппаратов. Научно-техническое обоснование этих и других применений развивается параллельно с исследованиями в области физики вакуумного дугового разряда, генерации интенсивных пучков ионов разной массы. В работе затрагивается решение нескольких научных задач, имеющих, помимо практической значимости, достаточно важную фундаментальную составляющую исследований. К ним можно отнести выяснение связи заряда ионной компоненты плазмы с длительностью импульса дугового разряда, типом материала катода, а также парциального состава ионной компоненты плазмы в случае использования так называемых газонасыщенных катодов.

Актуальность и важность диссертационной работы Фроловой Валерии Петровны представляется достаточно высокой.

Содержание работы

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение и список цитируемой литературы, который состоит из 173 наименований. Работа изложена на 135 страницах, иллюстрируется 65 рисунками и 4 таблицами.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, формулируется цель и задачи диссертационной работы, ее научная новизна и практическая ценность, отражен личный вклад, изложены защищаемые положения и описана структура диссертации.

В первой главе приводится обзор исследований по теме диссертации.

В главе приведен анализ физических особенностей генерации плазмы дугового разряда. Рассмотрены процессы, протекающие в катодном пятне дугового разряда. Обосновывается вывод о высокой эмиссионной способности плазмы для генерации ионных пучков различной массы, в том числе многокомпонентных пучков. Отмечается важная роль разработки подходов,

направленных на увеличение зарядности ионов в плазме. На основе выводов по главе формулируются задачи экспериментального исследования.

Вторая глава посвящена изложению результатов экспериментальных исследований, направленных на повышение зарядовых состояний ионов пучка. Рассмотрены вопросы влияния внешнего магнитного поля в катодной области разряда на электрический заряд ионов. Приведены результаты оптимизации параметров импульсного разряда, приведено описание основных физических механизмов, ответственных за генерацию ионов с высоким зарядовым состоянием. В этой же главе изложена методика экспериментальных исследований, приведено техническое описание используемого оборудования, включая диагностическое.

В третьей главе представлены результаты исследований масс-зарядового состава плазмы вакуумного дугового разряда при использовании многокомпонентных катодов. Материал катодов включал композиции на основе различных металлов, «металл-неметалл», а также цирконий, насыщенный дейтерием. В качестве модельных материалов использовался гексаборид лантана, сплавы на основе олова и свинца. В последнем разделе главы сформулированы основные выводы по главе.

Четвертая глава посвящена описанию оборудования, разработанного на основе исследований, проведенных автором. Представлено описание и конструкция вакуумного дугового источника «Mevva-V.Ru», компактного источника плазмы со сверхзвуковыми скоростями ионов металлов. Отмечается, что разработки сделаны в интересах других организаций и используются ими для проведения прикладных исследований.

В **заключении** сформулированы основные выводы по результатам выполнения диссертационного исследования, задачи дальнейших исследований, развития работ, имеющих практическую значимость.

К основным результатам диссертационной работы, имеющим **научную новизну**, можно отнести следующие:

1. Определены условия, при которых в плазме сильноточной вакуумной дуги микросекундной длительности реализуется многократная ионизация, которая обеспечивает возможность формирования пучков многозарядных ионов. Эти условия основаны на увеличении тока разряда, обеспечивающего пинчевание разряда в прикатодной области. Определены максимальные зарядовые состояния ионов при использовании катода из висмута.

2. Выявлена и экспериментально доказана взаимосвязь долевого соотношения ионов в плазме вакуумной дуги и их зарядового состояния с долевым составом соответствующих химических элементов катода.

3. Экспериментально доказана возможность эффективной генерации широкоапертурного пучка ионов дейтерия микросекундной длительности из катода на основе циркония, насыщенного дейтерием. Определено, что удельное содержание ионов дейтерия в пучке – до 80% значительно превышает удельное содержание дейтерия в цирконии, которое не превышало в эксперименте 40%.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечиваются корректностью постановки цели и задачи исследования, комплексным подходом к их решению с использованием современных экспериментальных, в том числе дублирующих, методик и аналитического оборудования. Полученные экспериментальные данные не противоречат существующим научным представлениям о физике дугового разряда.

Научная значимость и практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что результаты проведенных исследований вносят вклад в развитие отдельных вопросов физики вакуумного дугового разряда микросекундной длительности, научно-техническое обоснование прикладных, ориентированных исследований. Результаты исследований легли в основу разработки и создания установок для проведения исследований в других организациях.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор использует срезающий разрядник для ограничения тока вакуумного дугового разряда (рис. 2.22). Наряду со снижением амплитуды тока, поскольку разрядник включается на переднем фронте импульса и закорачивает питающий дугу конденсатор, происходит и удлинение импульса тока дуги, согласно осциллограмме, рис. 2.23. Объяснений этому нет, и это вызывает сомнение в корректности постановки данного эксперимента и, соответственно, в выводах по его результатам.

2. Высокое удельное содержание ионов дейтерия в пучке (до 80%), значительно превышающее удельное содержание дейтерия в цирконии (до 40%), из которого сделан катод, автор объясняет (с. 93) за счет термодиффузии дейтерия с катода при разогреве его поверхности при функционировании катодных пятен. Но термодиффузия при разогреве поверхностного слоя будет иметь противоположное направление – вглубь катода, также, как и бародиффузия, за счет формирования термоупругих волн. Нагрев поверхности катода возможно и имеет значение на преимущественный выход именно дейтерия, но он вряд ли связан с диффузией дейтерия в материале катода за счет градиента температур.

3. Рис. 2.20 несет важную информацию об изменении зарядового состояния плазмы, формирования примесных ионов при последовательных импульсах дугового разряда, но форма приведения рисунка – наложенные импульсы, без сопоставления порядка следования импульсов с формой спектра - выбрана неудачно, не указана пауза между импульсами.

Заключение

Однако, эти замечания не подвергают сомнению достоверность полученных в диссертационной работе основных экспериментальных результатов исследований, формулировки научных положений.

Представленный автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Работа прошла серьезную апробацию в докладах на ведущих конференциях по тематике диссертационной работы, опубликованных в высокорейтинговых журналах. Объем и оформление диссертации не вызывает замечаний.

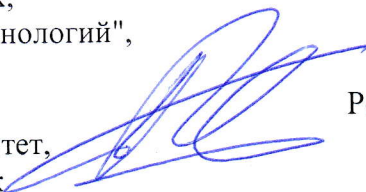
Диссертационная работа Фроловой В.П. выполнена на высоком научно-методическом уровне и представляет собой завершенное научное исследование, которое вносит существенный вклад в развитие существующих экспериментальных и теоретических представлений по генерации многозарядных и многокомпонентных импульсных ионных пучков на основе сильноточной вакуумной дуги микросекундной длительности.

По своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.04 Физическая электроника.

Диссертационная работа «Генерация многозарядных и многокомпонентных импульсных ионных пучков на основе сильноточной вакуумной дуги микросекундной длительности» соответствует требованиям пункта П.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а Фролова Валерия Петровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – Физическая электроника.

Официальный оппонент:

Заведующий Научно-производственной лабораторией "Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий",
Инженерная школа новых производственных технологий,
Томский политехнический университет,
профессор, доктор технических наук
634028, Россия, г. Томск, проспект Ленина, д.2 стр.11Г
Тел.: (3822) 606405
E-mail: remnev@tpu.ru


Ремнев Геннадий Ефимович

Подпись Ремнева Г.Е. заверяю:
Ученый секретарь
Томского политехнического университета




Ананьева Ольга Афанасьевна