

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.04.2016 протокол № 3

О присуждении Чернышеву Тимофею Владимировичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальные и численные исследования нарушения стационарности горения интенсивных разрядов с замкнутым дрейфом электронов» в виде рукописи по специальности 01.04.08 физика плазмы, принята к защите 23.12.2015, протокол №18, диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр.2, jiht.ru, (495) 485-8345), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Чернышев Тимофей Владимирович 1987 года рождения, в 2009 году окончил Московский Авиационно-технологический Институт – Российский Государственный Технический Университет им. Циолковского (МАТИ-РГТУ).

В 2013 году окончил заочную аспирантуру Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский электротехнический институт им. Ленина» (ФГУП ВЭИ).

Работает научным сотрудником отдела 21030 (ионно-плазменные технологии) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский электротехнический институт им. Ленина» (ФГУП ВЭИ).

Диссертация выполнена в отделе 21030 (ионно-плазменные технологии) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский электротехнический институт им. Ленина».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, генеральный директор ФГУП ВЭИ, Коваленко Юрий Алексеевич.

Официальные оппоненты:

Ким Владимир Павлович, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник отдела стационарных плазменных двигателей Государственного. Научно-Исследовательского Института Прикладной Механики и Электродинамики Федерального Государственного Бюджетного Образовательного Учреждения Высшего Образования «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)», Ленинградское ш., 5, г. Москва, 125080, тел. (499) 158-00-20, mai.ru, giame@sokol.ru;

Шагайда Андрей Александрович, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник отдела 120 (электрофизика) Государственного Научного Центра Федерального Государственного Унитарного Предприятия «Исследовательский Центр Имени М.В. Келдыша», 125438, г. Москва, Онежская ул., 8, тел. (495) 456-46-08, kerc.msk.ru, kadr@kerc.msk.ru; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Науки «Институт Сильноточной Электроники Сибирского Отделения Российской Академии Наук» (ИСЭ СО РАН), 634055, г. Томск проспект Академический, 2/3, тел. (3822) 491-544, hcei.tsc.ru, contact@hcei.tsc.ru, в своем положительном заключении составленном заведующим лабораторией плазменной эмиссионной электроники, доктором технических наук, профессором Ковалем Николаем Николаевичем и исполняющим обязанности заведующего лабораторией прикладной электроники, кандидатом технических наук Соловьёвым Андреем Александровичем (утвержденном директором ИСЭ СО РАН доктором физико-математических наук, член-корреспондентом РАН Рахтиным Н.А.), указала что:

1. Экспериментально исследован процесс зажигания разряда в ускорителе с анодным слоем. Установлено, что в момент зажигания разряда анодный ток может на порядок превышать значения характерные для установившегося режима. Показано, что величина «выброса» анодного тока зависит от тока эмиссии с катода компенсатора.
2. Показано, что при фиксированном расходе рабочего газа и различных комбинациях разрядного напряжения и индукции магнитного поля разряд горит в одном из двух режимов: «ускорительном» или «турбулентном». Экспериментально исследована область существования ускорительного режима в зависимости от величины магнитного поля и разрядного напряжения при различных расходах газа. Показано, что при постоянном напряжении с увеличением магнитного поля анодный ток уменьшается, и возникают сильные низкочастотные ионизационные колебания. При большем увеличении магнитного поля разряд переходит в метастабильное состояние, при котором разряд через

ограниченные промежутки времени хаотически переключается в режим с резким увеличением тока.

3. Впервые в ускорителях с анодным слоем проведено бесконтактное измерение переменной составляющей азимутального тока. Показано, что низкочастотные колебания анодного тока сопровождаются колебаниями азимутального тока, причём максимум анодного тока сопровождается резким минимумом сигнала азимутального тока.

4. Построена кинетическая, нестационарная, численная модель газового разряда в скрещенных полях с неявной схемой решения уравнений движения в одномерном по координатам и трёхмерном по скоростям приближении. При этом учтён эффект размагничивания плазмы собственным магнитным полем азимутального тока в нестационарной постановке.

5. Показано, что в области малых магнитных полей разряд неустойчив к спонтанному увеличению азимутального тока и сильному размагничиванию. Это приводит к резкому возрастанию частоты ионизации и переходу разряда в импульсный режим. В области больших магнитных полей разряд неустойчив к накоплению избыточного отрицательного пространственного заряда, что приводит к ионизационным колебаниям.

Результаты диссертации могут быть применены в Исследовательском центре имени М.В.Келдыша, Московском авиационном институте (национальном исследовательском институте), Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана, Национальном исследовательском Томском политехническом университете, Всероссийском электротехническом институте имени В.И.Ленина и других организациях.

Соискатель имеет 4 статьи в реферируемых журналах из списка ВАК и 5 тезисов в сборниках трудов конференций.

Основные работы:

1. Новичков Д. Н., Ермилов А. Н., Сапронова Т. М., Чернышев Т. В. Исследование тяговых характеристик макета холлового реактивного двигателя с полым анодом // ТВТ. 2013. Т. 51, № 3. С. 375–380.

2. Ермилов А.Н., Ерошенков В.Ф., Коваленко Ю.А., Королёв С.В., Чернышёв Т.В., Шумилин А.П. Особенности зажигания интенсивного несамостоятельного разряда в скрещенных полях с термоэмиссионным катодом // Теплофизика высоких температур. 2013. Т. 51, № 4. С. 497.

3. Ермилов А.Н., Ерошенков В.Ф., Новичков Д.Н., Коваленко Ю.А., Сапронова Т.М., Королёв С.В., Чернышёв Т.В., Шумилин А.П. Экспериментальное исследование области

существования интенсивного самостоятельного разряда в скрещенных полях // Теплофизика высоких температур. 2013. Т. 51, № 5. С. 670.

4. Ермилов А.Н., Ерошенков В.Ф., Новичков Д.Н., Коваленко Ю.А., Сапронова Т.М., Чернышёв Т.В., Шумилин А.П. Об осцилляциях холловского тока в двигателе с анодным слоем // Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52, № 3. С. 371–380.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы**:

1. Государственный Научный Центр Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», г. Москва (отзыв подписан доктором технических наук, начальником отделения 3 Семенкиным А.В.) – отзыв положительный с замечаниями:

- В автореферате не приведено подробного описания использовавшегося в работе ускорителя с замкнутым дрейфом электронов.

- Научная новизна утверждения «Показано, что при постоянном напряжении с увеличением магнитного поля анодный ток уменьшается до некоторого минимума, при этом тяга максимальна, а разряд стационарен (оптимальная точка работы), дальнейшее увеличение магнитного поля приводит к незначительному уменьшению тока и возникновению сильных низкочастотных ионизационных колебаний.», стр.6 автореферата имеет слишком общий характер. Подобная зависимость известная и широко опубликована, в автореферате не приведено в чём конкретно состоит новизна результатов автора.

- Используются аббревиатуры («ХЭРД») и термины («Н-слой», «Е-слой»), которые не являются общеупотребимыми, и физический смысл которых не раскрыт.

2. Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный Научно-Исследовательский Институт Машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш), г. Королёв, Московская область (отзыв подписан к.т.н., и.о. начальника Управления ФГУП ЦНИИмаш Твердохлёбовой Е.М. и и.о. начальника отдела ФГУП ЦНИИмаш Сизовым А.А.) – отзыв положительный, в качестве замечания указаны небрежности в оформлении автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается проводимыми ими исследованиями по теме диссертации.

Выбор Кима Владимира Павловича в качестве оппонента обосновывается тем, что он является известным ученым в области стационарных плазменных двигателей:

1. Архипов А.С., Ким В., Сидоренко Е.К. Результаты исследования характеристик струй стационарных плазменных двигателей (СПД), работающих на различных режимах //ЖТФ, т.82. №5, 2012, с. 42-51
2. В. П. Ким, А. С. Архипов, А. М. Бишаев, Д. В. Меркурьев, Е. К. Сидоренко, Исследование формирования потоков ионов перезарядки вблизи выхода из ускорительного канала стационарного плазменного двигателя // Физика плазмы. 2014. Т. 40. №10. С. 937-945.
3. Ким В.П. Конструктивные признаки и особенности рабочих процессов в современных стационарных плазменных двигателях Морозова // ЖТФ, 2015, т. 85, №3, с. 45-59.

Выбор Шагайды Андрея Александровича в качестве оппонента обосновывается тем, что он является признанным специалистом в области ионно-плазменных двигателей:

1. О.А. Горшков, Д.А. Томилин, А.А. Шагайда. «Экспериментальное исследование структуры высокочастотных возмущений за срезом разрядного канала СПД с высоким удельным импульсом» // Физика плазмы, 2012, Т. 38, № 3, с.298-304.
2. А.А. Шагайда, О.А. Горшков, Д.А. Томилин. «Влияние эрозии стенок разрядного канала на эффективность работы стационарного плазменного двигателя» // Журнал технической физики, 2012, том 82, вып. 8, с.42-49.
3. Andrey Shagayda. “Stationary electron velocity distribution function in crossed electric and magnetic fields with collisions,” // Phys. Plasmas 19, 083503 (2012). (doi: 10.1063/1.4744971).

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)» в качестве ведущей организации обусловлен тем, что ИСЭ СО РАН является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования, в том числе в области интенсивных газовых разрядов:

1. E.M. Oks and A. Anders. Boron-rich plasma by high power impulse magnetron sputtering of lanthanum hexaboride // Journal of Applied Physics. – 2012. – V. 112(8). – p. 086103-086103-3.
2. Y.D. Korolev, O.B. Frants, N.V. Landl, I.A. Shemyakin, and V.G. Geyman. High-Current Stages in a Low-Pressure Glow Discharge with Hollow Cathode. – IEEE Trans. Plasma Sci. – 2013. – V. 41(8). – p. 2087-2096.

3. E. Oks, V. Burdovitsin, A. Medovnik, Y. Yushkov. Plasma electron source for the generation of wide-aperture pulsed beam at forevacuum pressures // Rev. Sci. Instrum. – 2013. – V. 84 (2). – p. 023301.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана одномерная по координатам и трёхмерная по скоростям, нестационарная, кинетическая модель интенсивного разряда с замкнутым дрейфом электронов, учитывающая размагничивание плазмы замкнутым азимутальным током;

предложен механизм измерения переменной составляющей замкнутого азимутального тока;

с помощью эксперимента и численного моделирования показано, что в момент зажигания влияние собственного магнитного поля азимутального тока велико, а величина разрядного тока определяется эмиссионным током катода.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Построена полностью кинетическая, нестационарная, численная модель газового разряда в скрещённых полях с неявной схемой решения уравнений движения в одномерном по координатам и трёхмерном по скоростям приближении. Впервые учтён эффект размагничивания плазмы собственным магнитным полем замкнутого азимутального тока в нестационарной постановке, который приводит к возникновению положительной обратной связи, способствующей переходу разряда в нестационарный режим.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

Результаты численных экспериментов качественно согласуются с экспериментальными результатами и показывают необходимость учета эффекта размагничивания плазмы собственным магнитным полем замкнутого азимутального тока при разработке устройств на основе интенсивных разрядов с замкнутым дрейфом электронов.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Исследовательском центре имени М.В. Келдыша, ЦНИИмаш, Московском авиационном институте, ОКБ «Факел» и во многих других научных учреждениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

их достоверность на основании совпадения результатов экспериментальных и теоретических исследований автора, с одной стороны, и согласования с ранее известными результатами, с другой стороны.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выборе темы исследования и постановке задачи. Автор принимал активное участие в подготовке, проведении экспериментов и обработке экспериментальных данных. Автором написан расчётный код (одномерной, нестационарной, учитывающей размагничивание) кинетической модели и проведены расчёты различных режимов разряда и их анализ.

Апробация результатов исследования проводилась на 4 российских и международных конференциях и симпозиумах, в которых соискатель принимал личное участие.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 06.04.2016г. диссертационный совет Д 002.110.02 принял решение присудить Чернышёву Т.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 10 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02
к.ф. - м.н.

Г.И. Канель

М.М. Васильев

М.П.

