

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет **24.1.115.02 (Д 003.031.01)**, созданный на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, извещает о результатах состоявшейся 26 декабря 2023 года публичной защиты диссертации Дорощкевичем Сергеем Юрьевичем на тему «Широкоапертурный импульсно-периодический ускоритель электронов на основе несамостоятельного высоковольтного тлеющего разряда с эффективным выводом пучка в атмосферу», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

Время начала заседания: 15.03

Время окончания заседания: 16.58.

На заседании диссертационного совета присутствовали 14 человек из 17 членов диссертационного совета, из них 5 докторов наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника:

- | | | |
|---|-----------|-------|
| 1. Ратахин Николай Александрович – председатель диссертационного совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 2. Озур Григорий Евгеньевич – ученый секретарь диссертационного совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 3. Иванов Юрий Фёдорович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 4. Климов Александр Сергеевич – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 5. Коваль Николай Николаевич – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 6. Козырев Андрей Владимирович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 7. Кошелев Владимир Ильич – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 8. Ломаев Михаил Иванович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 9. Окс Ефим Михайлович – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 10. Пушкарев Александр Иванович | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 11. Ростов Владислав Владимирович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 12. Соснин Эдуард Анатольевич – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 13. Чернов Иван Петрович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 14. Юшков Георгий Юрьевич – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |

Заседание вел председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук, академик РАН Ратахин Николай Александрович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение учёной степени – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение **присудить** Дорощкевичу С.Ю. учёную степень кандидата технических наук.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.115.02
(Д 003.031.01), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.12.2023 г. № 3

О присуждении Дорoshкевичу Сергею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Широкоапертурный импульсно-периодический ускоритель электронов на основе несамостоятельного высоковольтного тлеющего разряда с эффективным выводом пучка в атмосферу» по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника принята к защите 20 октября 2023 года (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.115.02 (Д 003.031.01), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634055, Томск, просп. Академический, д. 2/3, приказ о создании совета № 1555/нк от 21 ноября 2022 г.

Соискатель Дорoshкевич Сергей Юрьевич 18 января 1996 года рождения в 2023 году закончил очную аспирантуру ИСЭ СО РАН по направлению подготовки 11.06.01–электроника, радиотехника и системы связи, и научной специальности 2.2.1–вакуумная и плазменная электроника. Работает младшим научным сотрудником в ИСЭ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории плазменной эмиссионной электроники ИСЭ СО РАН. Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник ИСЭ СО РАН Воробьев Максим Сергеевич.

Официальные оппоненты:

Косогоров Сергей Леонидович, доктор технических наук, начальник лаборатории НИЛ КЛ-8 НТЦ «Синтез», Акционерное общество НИИ электрофизической аппаратуры (НИИЭФА) им. Д.В. Ефремова, г. Санкт-Петербург;

Ремнёв Геннадий Ефимович, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-производственной лабораторией импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий Инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН), г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Астрелиным Виталием Тимофеевичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником ИЯФ СО РАН, и утвержденном директором ИЯФ СО РАН Логачёвым Павлом Владимировичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, указала, что диссертационная работа Дорошкевича Сергея Юрьевича «Широкоапертурный импульсно-периодический ускоритель электронов на основе несамостоятельного высоковольтного тлеющего разряда с эффективным выводом пучка в атмосферу» является законченной научно-квалифицированной работой, в которой проведено исследование работы широкоапертурного источника электронного пучка в новом импульсно-периодическом режиме и определены оптимальные условия для повышения выхода пучка в атмосферу и однородности плотности его тока. Исследование проведено на высоком уровне и имеет существенное практическое значение для разработки и применения источников такого типа. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного

постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника.

Содержание диссертации в полной мере отражено в 15 научных работах, из которых 3 опубликовано в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК (1 патент РФ на изобретение и 2 статьи в журналах из перечня ВАК РФ); результаты были апробированы на 8 отечественных и международных конференциях и симпозиумах.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Эффективный способ генерации и вывода электронного пучка в атмосферу в широкоапертурном ускорителе на основе ионно-электронной эмиссии / С.Ю. Дорошкевич, М.С. Воробьев, М.С. Торба, А.А. Гришков, Н.Н. Коваль, С.А. Сулакшин, В.В. Шугуров, В.А. Леванисов // Приборы и техника эксперимента. – 2023. – № 3. – С. 53–60.
2. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы импульсным электронным пучком в атмосфере / С.Ю. Дорошкевич, К.П. Артёмов, Н.Н. Терещенко, Т.И. Зюбанова, М.С. Воробьев, Е.Е. Акимова, О.М. Минаева, Е.А. Покровская, В.И. Шин, М.С. Торба, В.А. Леванисов // Химия высоких энергий. –2021. –Т. 55. –№ 4. – С. 326–332.
3. Способ повышения энергетической эффективности источников электронов на основе ионно-электронной эмиссии / С.Ю. Дорошкевич, М.С. Воробьев, Н.Н. Коваль, М.С. Торба, С.А. Сулакшин, В.А. Леванисов, В.В. Шугуров, В.И. Шин // Патент РФ на изобретение RU 2772817 С1, опубликован 26.05.2022. Бюл. №15.
4. Снижение неоднородности плотности тока пучка в атмосфере в ускорителе электронов на основе несамостоятельного ВТР / С.Ю. Дорошкевич,

М.С. Воробьёв, А.А. Гришков, М.С. Торба, Н.Н. Коваль, С.А. Сулакшин, Р.А. Картавцов // Труды VII международного Крейнделевского семинара «Плазменная эмиссионная электроника», Улан-Удэ, 2023, С. 92–96.

5. Simulation of a wide-aperture electron accelerator based on ion-electron emission in repetitively pulsed mode / A.A. Grishkov, M.S. Vorobyov, S.Yu. Doroshkevich, V.A. Shklyayev // Proceedings of 8th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects. Congress Proceedings, Tomsk, 2022. – P. 118–127.
6. Efficiency of electron beam extraction to the atmosphere in an accelerator based on ion-electron emission / S.Yu. Doroshkevich, M.S. Vorobyov, M.S. Torba, N.N. Koval, S.A. Sulakshin, V.A. Levanisov // Journal of Physics: Conference Series. 15th International Conference on "Gas Discharge Plasmas and Their Applications" (GDP-2021). – 2021. – 012116.

На автореферат диссертации поступили отзывы:

- 1) отзыв от профессора кафедры электронных приборов ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (г. Рязань), д.ф.-м.н. Козлова Бориса Алексеевича, отзыв положительный, имеется замечание: «Защищаемые научные положения (особенно № 1 и № 2) – слишком «велики» и носят описательный характер. Кроме этого – они содержат в себе комментарии. Они могли бы быть сформулированы более лаконично в виде небольшого числа критериальных соотношений»;
- 2) отзыв от профессора кафедры экспериментальной физики Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь), д.т.н. Мартенса Владимира Яковлевича, отзыв положительный, имеются замечания:
 - «Непонятна существенная разница в формах импульсов тока электронного пучка, выведенного в атмосферу, и тока в ускоряющей промежутке, представленных на Рис. 11.»;
 - «В п.8 Заключения отмечается эффективность использования разработанного ускорителя для обработки семян сельскохозяйственных культур, однако в тексте автореферата нет никакой информации об этих экспериментах».

3) отзыв от старшего научного сотрудника ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова» (г. Москва), к.ф.-м.н. Мамедова Никиты Вадимовича, отзыв положительный, имеются замечания:

- «В автореферате автор недостаточно подробно комментирует отличие в формах импульса электронного тока в атмосфере и тока в ускоряющем промежутке (рис. 11). Почему формы импульсов отличаются (у тока на атмосфере – квази-прямоугольная, у тока в промежутке – треугольная)?»;

- «При расчетах движения частиц в среде OOPIC Pro и Kobra3-INP учитывались ли вторичные процессы в газе при транспортировке пучка?»;

- «При оценке фокусировки в расчетах движения частиц в среде OOPIC Pro и Kobra3-INP учитывалось ли влияние объемного заряда? Учитывалось ли влияние объемного заряда встречных пучков частиц друг на друга – ионного пучка при движении из анодной решетки к высоковольтному катоду и электронного пучка в противоположном направлении?»;

- «К сожалению, в автореферате не приведены результаты зондовых измерений внутри разрядной ячейки и профиля электронного пучка в ускоряющем промежутке для сравнения с результатами распределения плотности тока пучка в атмосфере».

4) отзыв от доцента, заведующей кафедры природных соединений, фармацевтической и медицинской химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск), д.ф.-м.н. Курзиной Ирины Александровны, отзыв положительный, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывался тем, что оба оппонента и ведущая организация имеют значительный опыт и высокую компетентность в области физики газового разряда, а также в области физики и техники ускорителей/источников электронов, в том числе, с выводом пучка в атмосферу; могут дать рекомендации по практическому применению результатов и дальнейшему развитию тематики диссертационной работы.

Диссертационный совет считает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработан способ повышения коэффициента вывода электронного пучка в атмосферу для ускорителей на основе несамостоятельного высоковольтного тлеющего разряда (ВТР), заключающийся в оптимизации коэффициента заполнения импульсов тока вспомогательного плазмообразующего разряда при частоте посылок импульсов до десятков тысяч импульсов в секунду.

Определены параметры орбитронного тлеющего разряда с полым катодом в импульсно-периодическом режиме генерации с частотой 1–70 тысяч импульсов в секунду, коэффициентом заполнения импульса 0,2–0,8 и амплитудой тока разряда 50–300 мА, а также показано влияние генерируемого электронного пучка на параметры плазмы данного разряда.

Продемонстрировано снижение неоднородности распределения плотности тока электронного пучка в атмосфере на 10–30% при переходе от непрерывного режима генерации вспомогательного разряда к импульсно-периодическому при сохранении средней плотности тока электронного пучка в ускорителях на основе несамостоятельного ВТР.

Получена совокупность характеристик, демонстрирующая повышение стабильности работы ускорителя электронов на основе несамостоятельного ВТР при переходе от непрерывного режима горения вспомогательного разряда к импульсно-периодическому, заключающаяся в снижении количества неконтролируемых переходов (срывов) тлеющего разряда в дуговую форму.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

Предложен и обоснован механизм появления фонового тока и выявлено его влияние на процессы в ускоряющем промежутке и вывод электронного пучка в атмосферу.

Изучены основные факторы, влияющие на эффективную генерацию и вывод в атмосферу электронного пучка большого сечения, заключающиеся в обеспечении условий поступления ионов из плазменного эмиттера в ускоряющий промежуток в ускорителе на основе ВТР.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

Получены параметры плазмы орбитронного тлеющего разряда в импульсно-периодическом (десятки килогерц) режиме генерации, которые могут быть использованы в качестве исходных данных при проведении численных экспериментов с разрядами данного типа при проектировании аналогичных ускорителей.

Продемонстрировано четырех-пятикратное увеличение импульсной мощности пучка в ускорителе электронов на основе несамостоятельного ВТР, а также снижение неоднородности распределения плотности тока электронного пучка в атмосфере при переходе от непрерывного режима генерации вспомогательного разряда к импульсно-периодическому, что является одним из главных требований на производстве для облучения различных объектов;

Определен диапазон частот следования импульсов тока вспомогательного разряда, в котором достигается повышение импульсной мощности электронного пучка и эффективности его вывода в атмосферу в ускорителе на основе несамостоятельного ВТР, что перспективно для его использования на практике;

Продемонстрировано повышение стабильности работы ускорителя электронов на основе несамостоятельного ВТР, обусловленное снижением вероятности перехода тлеющего орбитронного разряда в дуговую форму в импульсно-периодическом режиме горения вспомогательного разряда по сравнению со непрерывным режимом.

Оценка достоверности результатов выявила:

Результаты получены с использованием современного технического и программного обеспечения для экспериментальной, численной и статистической обработки большого массива полученных в диссертации экспериментальных данных на современном сертифицированном оборудовании.

Показана воспроизводимость результатов во всем диапазоне представленных условий.

Применены стандартные способы измерения характеристик электронного пучка.

Использована современная элементная база в автоматизированных системах диагностики, частотные характеристики которой в полной мере соответствуют исследуемому диапазону частот импульсно-периодического режима.

Идея базируется на повышении коэффициента вывода электронного пучка из вакуума в атмосферу, а также стабильности работы и расширения диапазона регулировки параметров ускорителя электронов на основе несамостоятельного ВТР при переходе к импульсно-периодическому режиму генерации эмиссионной плазмы, когда одно и то же значение среднего тока вспомогательного разряда можно получать при его разных амплитудах, регулируя коэффициент заполнения импульсов.

Личный вклад автора заключался в том, что он принимал непосредственное участие в определении целей и постановке задач исследований и определяющее участие в разработке и создании экспериментального стенда ускорителя, планировании, подготовке, проведении экспериментов, обработке и обсуждении их результатов с соавторами, подготовке публикаций по теме диссертации, представлении результатов диссертационной работы на научных форумах.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: недостаточно полно описано влияние быстрых нейтральных частиц на ток в ускоряющем промежутке, а также не явным образом отмечен механизм влияния импульсно-периодического режима на снижение неоднородности плотности тока электронного пучка.

Соискатель Дорошкевич С.Ю. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с рядом обоснованных замечаний и привел собственную аргументацию по влиянию перезарядки ионов и образованию

потока быстрых нейтральных частиц на эмиссию вторичных электронов с поверхности катода, аргументировал идею использования импульсно-периодического режима как для снижения неоднородности плотности тока электронного пучка, так и для повышения эффективности его вывода в атмосферу с улучшением стабильности работы ускорителя в целом.

На заседании 26 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: за разработку и апробацию новых технических решений по расширению параметров выводимых в атмосферу электронных пучков большого сечения, что имеет большое значение для развития вакуумной и плазменной электроники, **присудить** Дорощкевичу С. Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.2.1 – вакуумная и плазменная электроника, участвовавших в заседании совета, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,

доктор физико-математических наук,

академик РАН



Ратахин Николай Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор технических наук



Озур Григорий Евгеньевич

26 декабря 2023 г.

