

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.223.02, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ЦЕНТРА «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ИМ. А.М. ПРОХОРОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21 ноября 2023 г. № 268

О присуждении Жукову Всеволоду Игоревичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «СВЧ разряд низкого давления в диэлектрических трубках, поддерживаемый поверхностной электромагнитной волной» по специальности 1.3.9. Физика плазмы принята к защите «18» сентября 2023 г. (протокол заседания № 264) диссертационным советом 24.1.223.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, приказ о возобновлении деятельности совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 002.063.03 от 18.11.2020 г. № 683/нк).

Соискатель Жуков Всеволод Игоревич 1993 года рождения. В 2018 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет». В 2022 году соискатель окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН) по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» по специальности 1.3.9. Физика плазмы. Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории «Фотоника: квантовые материалы и технологии»

Отдела колебаний Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории плазменной радиофизики Отдела физики плазмы ИОФ РАН.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Гусейнзаде Намик Гусейнага оглы, главный научный сотрудник, и.о. заведующего теоретическим отделом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН).

Официальные оппоненты:

Двинин Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, доцент кафедры физической электроники Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова),

Фролов Александр Анатольевич, доктор физико-математических наук, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории теории плазменных явлений Отдела физики плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) в своем положительном заключении, подписанном Андреевым В.В., кандидатом физ.-мат. наук, доцентом, заместителем директора Института физических исследований и технологий (ИФИТ) РУДН, указала, что диссертация Жукова Всеволода Игоревича на тему «СВЧ разряд низкого давления в диэлектрических трубках, поддерживаемый поверхностной электромагнитной волной»

полностью отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п.9 и п.13 Положения, утвержденного Правительством РФ «О присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Жуков В.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. Физика плазмы.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Список наиболее значительных работ:

1. Гусейн-заде Н.Г., **Жуков В.И.**, Карфидов Д.М., Сергейчев К.Ф. Резонанс поверхностной волны Зоммерфельда в открытом резонаторе // Инженерная физика. 2017. № 12. С. 56-61.
2. **Zhukov V.I.**, Karfidov D.M., Sergeichev K.F. Propagation of microwave surface-wave-sustained discharge in air // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1383. p. 012021.
3. **Жуков В.И.**, Карфидов Д.М., Сергейчев К.Ф. Распространение СВЧ-разряда, поддерживаемого поверхностной волной в кварцевой трубке в воздухе низкого давления // Физика плазмы. 2020. Т. 46. № 8. С. 1-9.
4. **Zhukov V.I.**, Karfidov D.M. Development of the microwave surface wave sustained low-pressure discharge in standing wave field // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2055. p. 12007.
5. **Жуков В.И.**, Карфидов Д.М. СВЧ газовый разряд низкого давления, поддерживаемый полем стоячей поверхностной волны дипольной моды // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 3. С. 260-269.

На автореферат поступило 2 отзыва.

1. От Костина Михаила Сергеевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Направляющие телекоммуникационные среды» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет». Отзыв

положительный, есть замечание: в третьей главе исследуется поддерживаемый стоячей поверхностной волной (ПЭВ) между двух плоских металлических зеркал разряд. Показано, что данная система представляет собой открытый резонатор ПЭВ на плазменном столбе, однако не приведена добротность такого резонатора (Q-фактор).

2. От Задириева Ильи Игоревича, кандидата физ.-мат. наук, ведущего инженера кафедры физической электроники Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова). Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой степенью их компетентности в вопросах физики плазмы и широко известными достижениями в соответствующей области науки, что позволяет им подтвердить достоверность полученных результатов, а также оценить научно-практическую значимость рассматриваемой в диссертации проблемы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований обнаружен неустойчивый режим распространения разряда на заключительной стадии его развития, т.е. при приближении к энергобалансу ионизации и потерь, связанный с характерными особенностями поверхностной волны в прифронтной области разряда. Показана возможность управления распространением разряда путем конфигурирования поля перед фронтом разряда с помощью металлических отражателей. Продемонстрировано, что профиль плотности плазмы разряда в значительной степени определяется структурой поля возбуждаемой моды поверхностной волны. Установлено, что поддержание разряда стоячей поверхностной электромагнитной волной (ПЭВ) в зависимости от модового состава и параметров разряда позволяет создавать плазменные столбы со

слабо спадающими продольными профилями плотности плазмы с контролируемой степенью модуляции плотности.

Теоретическая значимость исследования определяется представленной численной моделью распространения поверхностных волн по плазменному столбу, заключенному в кварцевую трубку. Результаты моделирования хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными. Численная модель позволяет сделать заключение о структуре поля поверхностной волны аксиально-симметричной и дипольной моды внутри плазменного столба.

Научная новизна диссертации заключается в следующем.

Обнаружен неустойчивый режим распространения разряда, связанный с характерными особенностями поверхностной волны в прифронтной области разряда. Впервые был продемонстрирован не исследованный ранее механизм распространения разряда, поддерживаемого ПЭВ, в виде следующих друг за другом плазменных фрагментов длиной  $\lambda_s/2$  (где  $\lambda_s$  – длина поверхностной волны) в поле объемной стоячей волны, создаваемой самим разрядом. Использован режим стоячей волны для исследования структуры ПЭВ дипольной и аксиально-симметричной моды. Продемонстрирована возможность поддержания плазменного столба с высокой степенью модуляции плотности плазмы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим. Исследованные динамические характеристики и особенности распространения СВЧ-разряда низкого давления, поддерживаемого поверхностной электромагнитной волной, играют важную роль в разработке плазменных антенн с заданными параметрами. Проведенные исследования продемонстрировали возможность поддержания плазменного столба со степенью модуляции плотности плазмы  $n_{e\max}/n_{e\min} = 5$ . Сильно модулированные плазменные структуры могут быть использованы в различных радиотехнических устройствах с управляемыми параметрами (антенные решетки, волноводные переключатели, защита радиоприемных устройств от мощных электромагнитных импульсов).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты численного моделирования и экспериментальных измерений хорошо согласуются между собой и с данными из научной литературы. Все полученные результаты обладают хорошей воспроизводимостью.

Личный вклад соискателя состоит в участии в постановке задач, планировании и проведении экспериментов, а также анализе полученных результатов. Численные расчеты, представленные в диссертации, проводились лично автором, а экспериментальные исследования выполнены в соавторстве с коллегами.

Соискатель Жуков В.И. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 21 ноября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Жукову В.И. ученую степень кандидата физико-математических наук за решение научных задач по исследованию физических процессов в сверхвысококачественном разряде низкого давления, поддерживаемого поверхностной электромагнитной волной.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «0» человек, проголосовали: за «22», против «нет», недействительных бюллетеней «нет».

Председатель диссертационного совета

академик РАН



И.А. Щербаков

Ученый секретарь диссертационного совета

канд. физ.-мат. наук

Т.Б. Воляк

22 ноября 2023 г.