

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.238.01, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ ИМ. А.В. ГАПОНОВА-ГРЕХОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 10.06.2024 №197

О присуждении Веселову Алексею Павловичу, гражданину РФ, учёной  
степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Пробой газа в сфокусированных пучках электромагнитных волн субмиллиметрового диапазона» по специальности 1.3.9 – физика плазмы принята к защите 28.03.2023 г., протокол № 191 диссертационным советом 24.1.238.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ о создании совета №717/нк от 09.11.2012.

Соискатель, Веселов Алексей Павлович, 1995 года рождения, в 2019 году окончил ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», в 2023 году окончил аспирантуру ИПФ РАН, работает младшим научным сотрудником в ИПФ РАН.

Диссертация выполнена в отделе физики плазмы ИПФ РАН.

Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук Сидоров Александр Васильевич. Официальные оппоненты, Лебедев Юрий Анатольевич, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией плазмохимии и физикохимии импульсных процессов ИНХС РАН, и Савкин Константин Петрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории плазменных источников ИСЭ СО РАН, дали положительные отзывы на диссертацию. Ведущая

организация, Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН), в своём положительном заключении, подписанном кандидатом физико-математических наук В.Д. Борзосековым и утверждённом директором ИОФ РАН, членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук профессором Гарновым С.В., указала, что диссертация А.П. Веселова удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 — физика плазмы.

Соискателем по теме диссертации опубликовано 7 статей в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям ВАК к научным изданиям, в которых излагаются основные результаты диссертации. Наиболее значимыми работами являются:

1. Sidorov A., Golubev S., Razin S., Veselov A., Vodopyanov A., Fokin A., Luchinin A., Glyavin M. Gas discharge powered by the focused beam of the high-intensive electromagnetic waves of the terahertz frequency band // Journal of Physics D: Applied Physics. -2018. -Vol. 51, № 46. -P.464002.
2. Sidorov A., Razin S., Veselov A., Vodopyanov A., Morozkin M., Glyavin M. Breakdown of the heavy noble gases in a focused beam of powerful sub-THz gyrotron // Phys. Plasmas.-2019.-Vol. 26, №8. -P. 083510.
3. Сидоров А., Веселов А., Водопьянов А., Кубарев В., Горбачев Я., Шевченко О. Особенности пробоя тяжелых инертных газов в сфокусированном пучке излучения Новосибирского лазера на свободных электронах // Письма в Журнал технической физики. -2023. –Вып.3. -С. 19-21.
4. Веселов А., Сидоров А., Калынов Ю., Водопьянов А. Пробой тяжелых инертных газов импульсом электромагнитного излучения гиротрона частотой 1THz // Письма в Журнал технической физики. -2023. –Вып. 6, -С. 35-38

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечают актуальность диссертации, научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов.

Положительный отзыв ведущей организации содержит, наряду с редакционными, замечания: в работе не приведено сравнение исследованных механизмов распространения пробоя с результатами японских научных групп по пробоем газов излучением гиротрона с частотой излучения 303 ГГц; выявление зависимости характеристик пробоя от частоты затруднено большим различием параметров импульсов греющего излучения от различных источников; недостаточно пояснены проблемы использования излучения ГГц диапазона частот при большом давлении газа; приведенная оценка начальной концентрации электронов выглядит неоднозначной.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Ю.А. Лебедева содержит, наряду с редакционными, замечания: в работе не описан выбор фокусных расстояний использованных зеркал; не проведены исследования зависимости поведения пробойных кривых от параметров вспомогательного искрового разряда, инициирующего пробой; автор излишне оптимистичен при сравнении некоторых экспериментальных и теоретических зависимостей пробивных полей; не обсуждается введение понятия эффективного электрического поля, а также необходимость использования упрощенного описания пробоя в молекулярных газах и погрешность определения скорости распространения, которую вносит момент зажигания разряда.

Положительный отзыв официального оппонента к.т.н. К.П. Савкина содержит, помимо редакционных, замечания: при описании экспериментов на лазере на свободных электронах не указаны основные параметры электронного пучка генератора; во второй главе работы следовало привести эмиссионные спектры разряда; в работе не описаны системы газового питания экспериментальных установок.

Положительный отзыв на автореферат главного научного сотрудника ИЯФ СО РАН, д.ф.-м.н., профессора А.В. Аржанникова, содержит замечание об отсутствии количественных данных о концентрации электронов плазмы и её степени ионизации. Положительный отзыв на автореферат учёного секретаря

ФГБУН Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, к.ф.-м.н. М.А.Котова замечаний не содержит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области физики газового разряда, а одним из направлений работ ведущей организации является исследование свойств и динамики газового разряда, инициированного в сфокусированных пучках субтерагерцового излучения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) показано, что в случае пробоя инертных газов ТГц излучением больших мощностей потерями энергии электрона на возбуждение нейтральных атомов можно пренебречь из-за больших величин осцилляторных энергий и, как следствие, быстрого темпа набора энергий;
- 2) показано, что при пробое тяжёлых инертных газов при умеренных мощностях излучения необходимо учитывать неупругие потери энергии электрона на возбуждение нейтралов;
- 3) экспериментально измерены скорости распространения разряда в пучках волн с частотой 0.25 ТГц и 0.67 ТГц и определены факторы, влияющие на величины этих скоростей;
- 4) предложены и экспериментально проверены механизмы, объясняющие особенности распространения ТГц разряда при различных величинах полей.

**Теоретическая значимость работы** состоит в разработке упрощённой теории пробоя как инертных, так и молекулярных газов; а также в обосновании ионизационно-диффузионного механизма распространения разряда, не свойственного для других частотных диапазонов.

**Практическая значимость работы** обусловлена тем, что разряд, поддерживаемый греющим излучением ТГц диапазона частот, может существенно повысить скорость течения плазмохимических реакций в установках, работающих при атмосферном давлении. Высокая неравновесность разряда, одновременно с малыми размерами плазменного образования и с

закритической для данной частоты излучения концентрацией электронов в плазме, даёт основание для использования ТГц разряда в резко-неоднородном потоке инертного газа в качестве источника экстремального ультрафиолетового излучения.

**Достоверность результатов** теоретических исследований обеспечивается использованием надёжных физических моделей. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием общепризнанных методик. Результаты теоретического расчёта продемонстрировали соответствие с большим количеством экспериментальных данных, полученных для всего терагерцового диапазона частот греющего излучения.

**Личный вклад соискателя.** Основные результаты диссертации получены лично автором или при его непосредственном участии. Постановка и проведение экспериментов, постановка задач, обсуждение и интерпретация результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами.

На все вопросы и замечания, высказанные в ходе защиты и содержащиеся в отзывах, Веселовым А.П. были даны ответы и комментарии.

На заседании от 10.06.2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития физики плазмы, присудить Веселову А.П. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 26 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.3.9, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 26, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
академик РАН

Литвак Александр Григорьевич

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

«10» июня 2024 г.



Абубакиров Эдуард Булатович