

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 8 декабря 2023 года публичной защиты диссертации Гугиным Павлом Павловичем «Исследование коммутационных характеристик открытого разряда, генерирующего встречные электронные пучки», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника.

Время начала заседания: 15.04

Время окончания заседания: 17.27.

На заседании диссертационного совета присутствовали 13 человек из 17 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника:

- | | | |
|---|-----------|-------|
| 1. Ратахин Николай Александрович – председатель диссертационного совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 2. Романченко Илья Викторович – зам. председателя диссертационного совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 3. Озур Григорий Евгеньевич – ученый секретарь диссертационного совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 4. Иванов Юрий Фёдорович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 5. Климов Александр Сергеевич – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 6. Коваль Николай Николаевич – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 7. Козырев Андрей Владимирович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 8. Кошелев Владимир Ильич – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 9. Ломаев Михаил Иванович – член совета | д.ф.-м.н. | 1.3.5 |
| 10. Окс Ефим Михайлович – член совета | д.т.н. | 2.2.1 |
| 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. 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 – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял

решение присудить Гугину П.П. учёную степень кандидата физико-математических наук.

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.12.2023 г. № 3

О присуждении Гугину Павлу Павловичу, гражданину Российской Федерации учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование коммутационных характеристик открытого разряда, генерирующего встречные электронные пучки» по специальности 1.3.5 – физическая электроника принята к защите 22 сентября 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 Гугин Павел Павлович 21 января 1985 года рождения в 2011 году закончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН) по направлению 01.04.04 – физическая электроника. Работает младшим научным сотрудником в ИФП СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории мощных газовых лазеров ИФП СО РАН. Научный руководитель – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Бохан Петр Артемович.

Официальные оппоненты:

Василяк Леонид Михайлович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории 2.3. – плазмы, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, профессор;

Чуркин Дмитрий Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории импульсных газоразрядных лазеров, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (ИЭФ УрО РАН), г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Осиповым Владимиром Васильевичем, доктором физико-математических наук, профессором, членом-корреспондентом Российской академии наук, заведующим лабораторией квантовой электроники ИЭФ УрО РАН и утвержденном директором ИЭФ УрО РАН Чайковским Станиславом Анатольевичем, доктором физико-математических наук, член-корреспондентом Российской академии наук, в своём положительном отзыве указала, что диссертационная работа Гугина Павла Павловича «Исследование коммутационных характеристик открытого разряда, генерирующего встречные электронные пучки» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой цельное законченное научное исследование, содержащее решение актуальной проблемы физической электроники, что 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 физико-математических наук по специальности 1.3.5 – физическая электроника.

Соискатель имеет 74 опубликованные работы, в числе которых 6 патентов и глава в коллективной монографии, в том числе 24 по теме диссертации, из которых 20 – в рецензируемых научных изданиях. Публикации полностью отражают содержание представленной диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Bokhan P.A., Zakrevsky D.E., Gugin P.P. Generation of high-current electron beam in a wide-aperture open discharge // *Physics of Plasmas*. – 2011. – Т. 18, № 10. – С. 103112
2. Бохан П.А., Гугин П.П., Закревский Д.Э., Лаврухин М.А., Казарян М.А., Лябин Н.А.: Влияние уменьшения длительности фронта импульса напряжения на частоту следования импульсов генерации лазера на парах меди // *Квантовая электроника*. – 2013. – Т. 43, № 8. – С. 715–719.
3. Гугин П.П. Применение тиратрона ТПИ1-10к/50 в частотном режиме для накачки газовых лазеров // *Приборы и техника эксперимента*. – 2013. – № 3. – С. 85–89.
4. Бохан П.А., Гугин П.П., Закревский Д.Э., Лаврухин М. А.: Генерация высоковольтных импульсов с субнаносекундным фронтом нарастания в «открытом разряде». I. Конструкции и результаты экспериментальных исследований коммутационных характеристик // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85, № 10. – С. 50–57.
5. Бохан П.А., Гугин П.П., Закревский Д.Э., Лаврухин М. А.: Генерация высоковольтных импульсов с субнаносекундным фронтом нарастания в «открытом разряде». II Механизм коммутации // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85, № 10. – С. 58–63.

6. Schweigert I.V., Alexandrov A.L., Gugin P.P., Lavrukhin M.A., Bokhan P.A., Zakrevsky D.E.: Picosecond Breakdown in High-Voltage Open Pulse Discharge With Enhanced Secondary Electron Emission // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2017. – Т. 45, № 12. – С. 3202–3208
7. Bokhan P.A., Gugin P.P., Lavrukhin M.A., Zakrevsky D.E., Schweigert I.V., Alexandrov A.L. Investigation of the characteristics and mechanism of subnanosecond switching of a new type of plasma switches. I. Devices with counterpropagating electron beams–kivotrons // Plasma Sources Science and Technology. – 2020. – Т. 29. – №. 8. – С. 084002

На автореферат диссертации поступили отзывы:

- 1) отзыв от главного научного сотрудника Института сильноточной электроники СО РАН (г. Томск), д.ф.-м.н., профессора Лосева Валерия Фёдоровича, отзыв положительный, замечаний нет;
- 2) отзыв от профессора-консультанта Национального исследовательского Томского политехнического университета (г. Томск), д.т.н., профессора Евтушенко Геннадия Сергеевича, отзыв положительный, замечаний нет;
- 3) отзыв от профессора физического факультета Южного Федерального университета (г. Ростов-на-Дону), д.ф.-м.н., профессора Иванова Игоря Георгиевича, отзыв положительный, замечаний нет;
- 4) отзыв от ведущего научного сотрудника Института оптики атмосферы СО РАН (г. Томск), д.т.н., Тригуба Максима Викторовича, отзыв положительный, имеется замечание: «В качестве замечания к работе хотелось бы отметить достаточно фрагментарное представление в выводах и защищаемых положениях уникальных результатов по использованию разработанного коммутатора на практике».

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, физики и техники генераторов наносекундных импульсов и импульсных газовых лазеров, могут дать рекомендации по практическому применению результатов и дальнейшему развитию тематики диссертационной работы.

Диссертационный совет считает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработан новый тип разрядника на основе оригинального сочетания физических явлений, позволивший существенно улучшить генерационные и коммутационные характеристики открытого разряда при сохранении его основных достоинств, таких как фотоэмиссионная природа испускания электронов, обеспечивающая высокий ресурс катода и эффективность генерации электронного пучка близкую к 100 %, простота и масштабируемость конструкции.

Предложена качественная модель коммутации в открытом разряде, описывающая основные механизмы, отвечающие за достигнутые характеристики: возбуждение резонансных состояний в соударениях тяжелых частиц, эффективная передача энергии пучка рабочему газу в процессе осцилляций, высокая геометрическая эффективность перехвата резонансного излучения.

Доказано возникновение вторичной электрон-электронной эмиссии, которая становится основным механизмом испускания электронов при субнаносекундных временах коммутации.

Получена совокупность коммутационных характеристик, позволившая реализовать накачку лазера на парах меди с фронтом 1,5 нс при частоте следования импульсов до 16 кГц и сохранении энергии импульса генерации.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

Доказана экспериментально применимость предложенной в работе модели субнаносекундной коммутации в открытом разряде, генерирующем встречные электронные пучки.

Применительно к проблеме диссертации эффективно использованы методики исследования быстропротекающих процессов в разряде среднего давления и анализа механизмов эмиссии.

Изложены условия, при которых реализуется оригинальное сочетание резонансной фотоэмиссии, активированной адсорбцией, и вторичной электрон-электронной эмиссии, приводящее к субнаносекундной коммутации энергии в нагрузку с эффективностью $>90\%$.

Раскрыто положительное влияние укорочения фронта импульса возбуждения на частотно-генерационные характеристики лазера на парах меди.

Изучены основные факторы, влияющие на скорость и эффективность коммутации в открытом разряде, генерирующем электронные пучки.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

Разработана методика проектирования и практического применения устройств на основе открытого разряда со встречными электронными пучками в системах накачки импульсных газовых лазеров и для генерации мощных субнаносекундных импульсов при высокой частоте повторения и эффективности передачи энергии в нагрузку.

Определены физические и технические пределы эффективного функционирования открытого разряда, генерирующего встречные электронные пучки.

Показаны новые возможности для развития физики лазеров на самоограниченных переходах атомов и ионов и других устройств сильноточной электроники.

Представлены методические указания по использованию устройств на основе открытого разряда в двухступенчатом обострителе фронта напряжения.

Оценка достоверности результатов выявила:

Результаты получены на современном сертифицированном оборудовании.

Показана воспроизводимость результатов во всем диапазоне представленных условий.

Использованы современные методики обработки экспериментальных данных, проведено сравнение с данными других авторов по данной тематике, в том числе полученными путем численного моделирования на основе актуальных алгоритмов.

Идея базируется на обобщении и развитии передового опыта в области газоразрядной коммутации и генерации интенсивных электронных пучков кэВ диапазона энергии.

Личный вклад автора заключался в том, что он принимал непосредственное участие, в том числе, определяющее, в разработке и создании экспериментальных установок, планировании, подготовке, проведении экспериментов, обработке и обсуждении их результатов, подготовке с соавторами публикаций, приведённых в списке работ автора.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: было отмечено недостаточное полное экспериментальное обоснование ресурса разрядного устройства и нечёткое толкование понятия его эффективности.

Соискатель Гугин П.П. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с рядом обоснованных замечаний и привел собственную аргументацию по интерпретации экспериментальных данных о механизмах функционирования открытого разряда, способах измерения и оценки его характеристик, в том числе в составе генератора импульса возбуждения.

На заседании 8 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: за экспериментальное исследование физических принципов быстрого развития тока в открытом разряде и разработку методики его практического применения, имеющих большое значение для развития

