

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.04, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 26 декабря 2019 года публичной защиты диссертации Панченко Николая Алексеевича «Эффективные газовые лазеры с накачкой диффузными разрядами, иницируемыми пучками электронов лавин» по специальности 01.04.21 – Лазерная физика на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 20 из 25 членов диссертационного совета, в том числе 6 докторов наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика:

- | | |
|--|----------|
| 1. Майер Г. В., доктор физико-математических наук, профессор, председатель диссертационного совета, | 01.04.05 |
| 2. Войцеховский А. В., доктор физико-математических наук, профессор, заместитель председателя диссертационного совета, | 01.04.05 |
| 3. Пойзнер Б. Н., кандидат физико-математических наук, профессор, учёный секретарь диссертационного совета, | 01.04.03 |
| 4. Артюхов В. Я., доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, | 01.04.21 |
| 5. Беличенко В. П., доктор физико-математических наук, доцент | 01.04.21 |
| 6. Дмитренко А. Г., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.03 |
| 7. Донченко В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.21 |
| 8. Козырев А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.03 |
| 9. Лосев В. Ф., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.21 |
| 10. Лукин В. П., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.05 |
| 11. Самохвалов И. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.05 |
| 12. Соколова И. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.21 |
| 13. Соснин Э. А., доктор физико-математических наук, | 01.04.05 |
| 14. Тарасенко В. Ф., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.21 |
| 15. Улеников О. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.05 |
| 16. Фисанов В. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.03 |
| 17. Черепанов В. Н., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.05 |
| 18. Шандаров С. М. доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.03 |
| 19. Юдин Н. А., доктор технических наук, старший научный сотрудник, | 01.04.21 |
| 20. Якубов В. П., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.03 |

Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Майер Георгий Владимирович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение учёной степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Н. А. Панченко учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.07,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета от 26.12.2019 № 166

О присуждении **Панченко Николаю Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Эффективные газовые лазеры с накачкой диффузными разрядами, инициируемыми пучками электронов лавин»** по специальности **01.04.21** – Лазерная физики принята к защите 17.10.2019 (протокол заседания № 165) диссертационным советом **Д 212.267.04**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012).

Соискатель **Панченко Николай Алексеевич**, 1988 года рождения.

В 2011 г. соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет».

В 2014 году соискатель очно окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

Работает в должности младшего научного сотрудника кафедры физики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена, в лаборатории оптических излучений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института сильноточной

электроники Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и на кафедре физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Ломаев Михаил Иванович**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория оптических излучений, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Козлов Борис Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», кафедра «Электронные приборы», профессор

Губарев Федор Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук**, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном **Оришичем Анатолием Митрофановичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория «Лазерные технологии», главный научный сотрудник) указала, что актуальность исследования обусловлена тем, что для создания эффективных газовых лазеров важным условием является формирование и поддержание в газовой среде самостоятельного разряда. Такие свойства диффузного разряда, как возможность получения диффузной газоразрядной плазмы при давлениях до 10 атм даже в тяжелых инертных газах, мощность возбуждения до сотен МВт/см³ при

короткой длительности импульса, делают его привлекательным для создания эффективных источников лазерного излучения, что является актуальной задачей для лазерной физики. Н. А. Панченко впервые получены новые режимы генерации азотного лазера с двумя и тремя пиками излучения в течение нескольких последовательных осцилляций тока разряда при рассогласовании сопротивления плазмы диффузного разряда и импеданса генератора накачки в диффузном наносекундном разряде, возникающем между двумя лезвийными электродами; определены активные среды на основе газовых смесей высокого давления; впервые получено лазерное излучение на переходах Р-ветви молекул DF в мощных диффузных разрядах в смесях SF₆ с дейтерием при высокой добротности резонатора, верхние уровни которых заселяются в «горячих» реакциях атомов дейтерия с молекулами фтора $D + F_2 \rightarrow DF(v)$, $v > 4$; в диффузном разряде с иницированием пучками убегающих электронов, получен КПД азотного лазера 0,2-0,23 %, что на 10–15 % выше лазерных КПД, полученных в большинстве работ при накачке азотного лазера поперечным разрядом с предыонизацией; в диффузных разрядах, иницируемых пучками убегающих электронов, в смесях элегаза с водородом и дейтерием получен предельный внутренний КПД нецепных лазеров на молекулах HF(DF) до 7–10 %. Результаты исследования могут быть использованы при разработке электроразрядных газовых лазеров для улучшения их параметров, что позволяет увеличить КПД, рабочее давление и (или), упростить конструкцию лазера, так как использование для создания активной среды диффузного разряда не требует применения дополнительной системы предыонизации, а лезвийные электроды отличаются компактностью по сравнению с электродами равномерного поля.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 21 работа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ (в том числе в зарубежных научных журналах, входящих в Web of Science, опубликовано 2 работы; в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Web of Science, опубликовано 4 работы; в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в Web of Science, опубликовано 6 работ; монографий в соавторстве опубликовано 3 (в том числе монографий,

входящих в Scopus, опубликовано 2), в прочих научных журналах опубликовано 2 работы. Общий объём публикаций – 27,5 а.л., авторский вклад – 5,39 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук:

1. Вильтовский П. О. Генерация в УФ, ИК и видимой областях спектра в диффузном разряде, формируемом убегающими электронами лавин / П. О. Вильтовский, М. И. Ломаев, А. Н. Панченко, **Н. А. Панченко**, Д. В. Рыбка, В. Ф. Тарасенко // Квантовая электроника. – 2013. – Т. 43, № 7. – С. 605–609. – 0,4 / 0,07 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Vil'tovskii P. O. Lasing in the UV, IR and visible spectral ranges in a runaway-electron-preionised diffuse discharge / P. O. Vil'tovskii, M. I. Lomaev, A. N. Panchenko, **N. A. Panchenko**, D. V. Rybka, V. F. Tarasenko // Quantum Electronics. – 2013. – № 7. – P.605–609.

2. Панченко А. Н. Лазеры УФ-, видимого и ИК-диапазонов с накачкой диффузным разрядом, формируемым убегающими электронами. / А. Н. Панченко, **Н. А. Панченко**, М. И. Ломаев, В. Ф. Тарасенко // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т. 26, № 10. – С. 857–860. – 0,36 / 0,1 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Scopus:

Panchenko A. N. UV, visible, and IR lasers pumped by the diffuse discharge formed by run-away electrons / A. N. Panchenko, **N. A. Panchenko**, M. I. Lomaev, V. F. Tarasenko // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2014. – Vol. 27, № 2. – P. 200–203.

3. Ломаев М. И. Спектральные характеристики излучения нецепных HF(DF)-лазеров с накачкой объемным разрядом / М. И. Ломаев, А. Н. Панченко, **Н. А. Панченко** // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27, № 4. – С. 341–345. – 0,36 / 0,12 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Scopus:

Lomaev M. I. Spectral parameters of nonchain volume-discharge HF(DF) laser radiation / M. I. Lomaev, A. N. Panchenko, **N. A. Panchenko** // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2014. – Vol. 27, № 4. – P. 339–343. – DOI: 10.1134/S1024856014040101.

4. Панченко А. Н. Эффективные газовые лазеры с накачкой наносекундным диффузным разрядом / А. Н. Панченко, М. И. Ломаев, В. Ф. Тарасенко, **Н. А. Панченко**, А. И. Суслов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 8/2. – С. 256–258. – 0,25 / 0,1 а.л.

5. Панченко А. Н. Генерация в смесях инертных газов с фтором при накачке объемным диффузным разрядом / А. Н. Панченко, **Н. А. Панченко** // Оптика атмосферы и океана. – 2016. – Т. 29, № 2. – С. 152–156. – 0,38 / 0,2 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Panchenko A. N. Lasing in mixtures of rare gases with fluorine pumped by volume diffuse discharges / A. N. Panchenko, **N. A. Panchenko** // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2016. – Vol. 29, № 4. – P. 390–394. – DOI: 10.1134/S1024856016040114.

На автореферат поступило 4 положительных отзыва. Отзывы представили:

1. **Г. С. Евтушенко**, д-р техн. наук, главный научный сотрудник Государственный центр экспертизы в сфере науки и инноваций Научно-исследовательского института – Республиканского исследовательского научно-консультационного центра экспертизы Минобрнауки России, г. Москва, *с замечаниями*: на Рис.2 не указан доверительный интервал; неясно, для чего приводить такой большой перечень цитируемой литературы в автореферате.

2. **С. С. Ануфрик**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры теоретической физики и теплотехники Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Республика Беларусь, *с замечанием*: в автореферате представлены результаты большого объёма исследований, что не даёт возможности их всесторонне проиллюстрировать.

3. **Ю. Н. Панченко**, д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории газовых лазеров Института сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, *без замечаний*.

4. **М. В. Тригуб**, канд. тех. наук,

старший научный сотрудник лаборатории квантовой электроники Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, *с замечаниями*: неясно, являются ли результаты, представленные в третьей главе и проиллюстрированные на рисунках 1 и 2, расчетными или имеют экспериментальное подтверждение; хотелось бы знать, каковы доверительные интервалы по всем экспериментальным данным, представленным в автореферате; в подписи к рисунку 11 указана линии P_{las} , в то время как на рисунке эта лазерная линия обозначена P_{248} ; и *с вопросом*: каков разброс (погрешность) по полученным данным?

В отзывах указывается, что исследования самостоятельных разрядов, которые формируются в резко неоднородном электрическом поле за счет предыонизации убегающими электронами (УЭ) связано с возможностью получения диффузной плазмы при давлениях до 10 атм. даже в тяжелых инертных газах при высокой вкладываемой мощности (до сотен МВт/см³). Поэтому разряды данного типа весьма привлекательны для создания эффективных источников вынужденного излучения, что является актуальной задачей в области лазерной физики. Н.А. Панченко *получен* ряд новых научных результатов: в диффузных разрядах, формируемых в неоднородном электрическом поле за счет предыонизации убегающими электронами; *достигнута* предельная эффективность генерации УФ азотного лазера и нецепных химических лазеров на молекулах HF и DF; получены новые режимы генерации азотного лазера на переходе $C^3P_u - B^3P_g$ ($\lambda=337.1$ и 357.7 нм) с двумя и тремя пиками излучения в течение нескольких последовательных осцилляций тока диффузного разряда; *показано*, что в смесях инертных газов с F_2 в промежутке между двумя лезвийными электродами формируется устойчивый диффузный разряд длительностью до 50 нс, при накачке которым достигаются длительность и эффективность генерации на молекулах XeF^* , KrF^* , ВУФ переходе F_2^* , сравнимые с данными характеристиками газовых лазеров с накачкой объемными самостоятельными разрядами с предыонизацией. К практической значимости работы можно отнести создание азотных и нецепных химических лазеров с предельным КПД. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть

использованы при создании эффективных источников вынужденного излучения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **А. Б. Козлов** – известный высококвалифицированный специалист в области физики газоразрядных CO_2 лазеров с накачкой поперечным разрядом; **Ф. А. Губарев** – известный специалист в области физики электроразрядных лазеров на парах металлов; на базе **Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН** проводятся исследования в области создания электроразрядных газовых лазеров и взаимодействия импульсного лазерного излучения с веществом.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан экспериментальный метод формирования диффузных разрядов в газах высокого давления в неоднородном электрическом поле, инициируемых пучками убегающих электронов;

предложено использовать диффузные разряды, инициируемые пучками электронов лавин, для накачки различных лазеров на плотных газах;

доказана перспективность предложенного метода накачки для создания эффективных газоразрядных лазеров.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получены результаты, вносящие вклад в понимание физических процессов при генерации когерентного оптического излучения в диффузных разрядах, инициируемых пучками электронов лавин, определены условия достижения предельной эффективности генерации ряда газовых лазеров с накачкой диффузным разрядом. Открытие нового режима работы азотного лазера с двумя или тремя пиками излучения расширяет представления о процессах создания инверсии населенностей на полосе C^3P_u , B^3P_g молекулярного азота.

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс экспериментальных измерительных методик по исследованию амплитудно-временных и спектральных характеристик спонтанного и вынужденного излучения, кинетическая модель азотного лазера с накачкой

диффузным разрядом, что позволило определить физические процессы, приводящие к генерации двух и трех пиков генерации на молекулах азота;

доказано, что при накачке мощными диффузными разрядами длительностью 10 нс в смесях азота с дейтерием наблюдается лазерное излучение на переходах *P*-ветви молекул DF, верхние уровни которых заселяются в «горячих» реакциях атомов дейтерия с молекулами фтора $D+F_2 \rightarrow DF^*(v), v > 4$.

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

разработан и апробирован способ получения диффузной плазмы в неоднородном электрическом поле между электродами в виде лезвий без использования дополнительного источника предыонизации, упрощающий конструкцию электродного узла газового лазера;

определены условия, обеспечивающие при накачке диффузным разрядом, инициируемым пучками убегающих электронов, КПД азотного лазера 0,2–0,23 %, что превышает результаты, полученные на практике другими авторами при накачке поперечным разрядом с предыонизацией, на 10–15%. Для нецепных HF(DF) лазеров КПД достигает 7–10 %, что соответствует предельному значению и сравнимо с результатами, полученными при накачке поперечным разрядом с предыонизацией.

представлена перспективность использования высоковольтного наносекундного разряда, инициируемого убегающими электронами, для создания ВУФ-лазера с электроразрядным вариантом накачки, активную среду в которых составляют возбужденные молекулы инертных газов, для оптимизации режимов работы азотного лазера и нецепных HF(DF)-лазеров с учётом вариацией состава смеси и конструкции разрядного промежутка; разработки принципов использования лазеров с двумя или тремя пиками излучения в лидарах нового поколения; модификации модели азотного лазера с двумя или тремя пиками излучения для определения комплекса значения параметров, при которых реализуемо управление амплитудой и длительностью пиков лазерного излучения; методической адаптации полученных в диссертации результатов для переноса режимов накачки диффузных

разрядов, инициируемых пучками электронов лавин, в конструкциях уже известных газовых лазеров с целью повышения эффективности, упрощения системы предыонизации и оптимизации рабочего давления

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные экспериментальные результаты исследования импульсных диффузных разрядов, инициируемых убегающими электронами, для получения лазерной генерации в активных средах на основе газовых смесей высокого давления различного состава целесообразно использовать в различных научно-образовательных учреждениях, институтах, научно-производственных предприятиях, в которых занимаются созданием и исследованиями электроразрядных газовых лазеров: Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева (г. Томск), Институте лазерной физики СО РАН (г. Новосибирск), Институте общей физики им. А.М. Прохорова (г. Москва), Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

показана воспроизводимость результатов измерений (не менее 85 %) и стабильность во времени при повторении эксперимента более 100 раз в одних и тех же условиях;

использованы в качестве приёмников оптических сигналов сертифицированные датчики (ФЭК–22 СПУ, ФЭК–29 СПУ), а в качестве компонентов регистрирующего оборудования – метрологически поверенные приборы («OPHIR» (Ophir Optronics LTD, Inc.) с калиброванными сенсорными головками PE50BB, PE25-SH. L30A–EX, FL250-EX);

выявлено согласие экспериментально полученных и расчётных значений параметров генерации азотного лазера;

установлено качественное согласие с результатами как российских, так и зарубежных ученых, например с работами В. Ф. Тарасенко, Ю. И. Бычкова, Н. Kumagai, С. Iwasaki в тех случаях, когда возможно такое сопоставление.

Научная новизна исследования заключается в том, что найдены условия накачки диффузными разрядами, инициируемыми убегающими электронами,

газовых лазеров, работающих на различных молекулах в широком диапазоне спектра от ИК- до ВУФ-диапазона, в которых достигаются предельные эффективности генерации и (или) увеличение длительности импульсов излучения, а также реализуются новые режимы генерации.

Личный вклад соискателя состоит в: совместной с научным руководителем постановке задач; самостоятельной разработке экспериментальных методик, создании экспериментальных установок, планировании и проведении экспериментов, проведении расчётов при обработке и анализе результатов.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней для диссертации на соискание учёной степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи поиска активных газовых смесей высокого давления различного состава, в которых при накачке диффузными разрядами, инициируемыми убегаящими электронами, возможно достижение максимальных эффективности, мощности и (или) длительности импульсов лазерного излучения, имеющей значение для развития лазерной физики.

На заседании 26.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Панченко Н. А.** учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человека, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Учёный секретарь

диссертационного совета

26.12.2019



Handwritten signatures in blue ink:
Top signature: *Майер*
Bottom signature: *Пойзнер*

Майер Георгий Владимирович

Пойзнер Борис Николаевич