

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор НИЯУ МИФИ

доктор физико-математических наук,
профессор М. Н. Стриханов

« 27 » 2017 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Козлова Андрея Юрьевича «Лазер на основных и обертоновых переходах молекулы СО с накачкой щелевым высокочастотным разрядом и криогенным охлаждением электродов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Среди лазеров средней инфракрасной области спектра СО лазеры выделяются высокой эффективностью и широким диапазоном перестройки частоты излучения. Охлаждению активной среды СО лазеров до криогенных температур позволяет получить генерацию с наилучшими спектральными и энергетическими характеристиками. Для обеспечения высокой эффективности диффузионного охлаждения газовых лазеров наилучшим образом подходит щелевая геометрия активной среды с накачкой высокочастотным (ВЧ) разрядом. В этой конфигурации также достигаются наименьшие среди газоразрядных лазеров габариты установок при высокой мощности лазерного излучения. Однако большинство экспериментальных исследований щелевых СО лазеров проводилось при температуре активной среды не ниже -30°C . А щелевых лазеров с накачкой ВЧ разрядом, действующих на обертоновых переходах молекулы СО, до настоящего времени не существовало. Кроме того, исследования криогенных СО лазеров без прокачки активной среды ранее не проводились, поскольку считалось, что такой лазер не будет работать в течение длительного времени в связи с быстрой деградацией активной среды.

Поэтому, несомненно актуальность представленных в диссертации А.Ю. Козлова исследований, посвященных вопросам создания компактных щелевых СО лазеров с ВЧ накачкой и криогенно охлаждаемыми электродными системами, действующими без прокачки активной среды и максимально возможному расширению диапазонов выходных параметров этих лазеров (спектральный диапазон, выходная мощность, эффективность и ресурс работы).

Текст диссертации содержит Введение, 4 главы, Заключение и список литературы, включающий 158 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы исследований, изложены цель работы, научная новизна и практическая значимость работы, отмечены достоверность результатов и личный вклад соискателя. Также во введении представлены выносимые на защиту положения, сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе представлены общие сведения о формировании инверсной населенности в активной среде электроразрядных СО лазеров и представлен литературный обзор экспериментальных и теоретических исследований, посвященных созданию и исследованию газовых лазеров с накачкой высокочастотным разрядом.

Во второй главе представлены описание, конструктивные особенности и основные параметры созданных щелевых СО лазерных установок с накачкой ВЧ разрядом и криогенным охлаждением электродов, а также описание вспомогательного оборудования, использовавшегося в экспериментах.

В третьей главе приведены результаты экспериментального параметрического исследования характеристик щелевых СО лазеров с накачкой емкостным ВЧ разрядом и криогенным охлаждением электродов, действующих на колебательно-вращательных переходах основной полосы молекулы СО. Определены влияние состава и давления активной среды, а также параметров ВЧ накачки на мощность лазерной генерации и стабильность долговременной работы установки без принудительной замены активной среды в режиме свободной многочастотной генерации. Представлены полученные генерационные характеристики этих лазеров, действующих в непрерывном, квазинепрерывном и импульсно-периодическом режимах. Также продемонстрирована работа этого лазера в частотно-селективном режиме генерации и многочастотная генерация в импульсно-периодическом режиме с модуляции добротности резонатора.

В четвертой главе приведены результаты исследований генерационных характеристик криогенного обертонового щелевого СО лазера с ВЧ накачкой. Получена генерация излучения в спектральном диапазоне 2.5-4.0 мкм. В спектральном диапазоне от 2.95 до 3.45 мкм, средняя мощность излучения лазера достигала ~2 Вт с эффективностью 1.6 %. На основе исследования временной динамики лазерного излучения на различных спектральных компонентах, входящих в состав многочастотного излучения проведена оценка динамики температуры активной среды импульсно-периодического щелевого СО лазера в промежутках между импульсами накачки.

Также в этой главе рассматриваются плазмохимические процессы, происходящие в активной среде этих лазеров, и определяющие возможности их стабильной работы максимально долго в режиме без принудительной замены газовой смеси. Показано, что

основное влияние на ресурс работы таких лазеров оказывает концентрация кислорода в активной среде. Газовые смеси с концентрациями кислорода от 10 до 30 % от концентрации молекул СО позволяют получить генерацию излучения с наибольшей мощностью, в то время как дальнейшее увеличение концентрации кислорода приводит к увеличению времени работы установки. При наибольших используемых концентрациях кислорода (50 % от концентрации СО) обеспечивается генерация более чем 10^6 лазерных импульсов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Достоверность результатов, представленных в диссертации А.Ю. Козлова, подтверждается применением современного оборудования и методов измерений, воспроизводимостью результатов на нескольких экспериментальных установках, полученным патентом. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 статьях в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus и в трех статьях в других изданиях, представлены на 20 всероссийских и международных конференциях.

Результаты исследований, проведенных А.Ю. Козловым, представляют несомненный интерес с научной и практической точки зрения и могут быть использованы при создании установок для дистанционного лидарного зондирования атмосферы, анализа многокомпонентных газовых смесей, лазерного разделения изотопов или преобразования частоты излучения в нелинейных кристаллах. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для уточнения кинетической и плазмохимической моделей активных сред криогенных СО лазеров.

Полученные в работе результаты являются оригинальными и могут быть рекомендованы к использованию в следующих организациях: АО «ГНЦ РФ «ТРИНИТИ», ИОФ РАН, НИЯУ МИФИ, ИОА СО РАН, НИЦ «Курчатовский институт», РФЯЦ-ВНИИЭФ и в других институтах РАН и организациях Министерства образования и науки. На основе полученных в диссертационной работе данных была создана криогенная щелевая СО лазерная установка, используемая в настоящее время в НИИ «Оптико-электронного приборостроения» в качестве источника излучения для экспериментальных исследований.

Вместе с тем по диссертации можно высказать ряд замечаний:

1. В описании параметров ВЧ разряда используется только величина его пиковой мощности, и отсутствуют данные о напряжении и силе тока. Поскольку в процессе работы установки происходит изменение концентраций компонент активной среды (уменьшение количества СО и O_2), то должны изменяться такие параметры, как E/N , энергии электронов и др. Без этих данных невозможно анализировать динамику других характеристик, например, эффективность накачки разрядом колебательных состояний активных частиц.

2. Из текста диссертации не совсем ясно, как соотносятся полученные автором результаты с современным состоянием исследований в данной области; проведенный

сравнительный анализ полученных в работе результатов с имеющимися в мире достаточно скуден.

3. В диссертации отсутствуют данные о спектральной чувствительности используемых монохроматоров и фотодетекторов, а также не указывается, учитывались ли они при построении спектрального распределения мощности излучения СО лазера по отдельным линиям в многочастотных спектрах генерации.

Отмеченные замечания не влияют на достоверность и значимость полученных результатов и выводов, не снижают общую положительную оценку работы. Диссертация А.Ю. Козлова является законченной научно-квалификационной работой, новизна и достоверность работы не вызывают сомнений. Автореферат достаточно точно и полно отражает содержание диссертации.

В целом, диссертационная работа А.Ю. Козлова удовлетворяет всем требованиям действующего Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор за разработку новых компактных щелевых лазеров с накачкой поперечным ВЧ разрядом и криогенным охлаждением электродов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Диссертация и отзыв ведущей организации на диссертационную работу заслушаны, обсуждены и одобрены на заседании кафедры лазерной физики НИЯУ МИФИ 09 ноября 2017 года, протокол № 16. Отзыв подготовлен профессором кафедры, д.ф.-м.н. Шнырёвым С.Л.

Доктор физико-математических наук
профессор кафедры лазерной физики (№ 37)
НИЯУ МИФИ, доцент



Сергей Львович Шнырёв

115409, г. Москва, Каширское ш., 31;
Тел.: +7 (495) 788 56 99, доб. 8224;
e-mail: slshnyrev@mephi.ru

Председатель совета по аттестации и подготовке
научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ
доктор физико-математических наук,
профессор



Николай Алексеевич Кудряшов

Сведения о ведущей организации

по диссертации Козлова Андрея Юрьевича на тему: «Лазер на основных и обертоновых переходах молекулы СО с накачкой щелевым высокочастотным разрядом и криогенным охлаждением электродов» по специальности 01.04.21 – Лазерная физика (физико-математические науки) на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

Полное наименование ведущей организации	федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Сокращённое наименование организации	НИЯУ МИФИ
Ведомственная принадлежность организации	Министерство образования и науки Российской Федерации
Почтовый индекс и адрес организации	115409, г. Москва, Каширское ш., 31
Официальный сайт организации	http://www.mephi.ru
Адрес электронной почты	info@mephi.ru
Телефон организации	+7 (499) 324-8766
Руководитель организации	Стриханов Михаил Николаевич
Должность	Ректор
Учёное звание	Профессор
Учёная степень	Доктор физико-математических наук

Список основных публикаций ведущей организации, составляющей отзыв, за последние пять лет по теме диссертации:

1. Kireev, S.V., Shnyrev, S.L., "Laser-induced fluorescence method of molecular iodine detection in the atmosphere in real time using copper-vapor laser at the wavelength of 510.6 nm", Laser Physics Letters, 2017, 14, (6), p.065701
2. Kireev, S.V., Kondrashov A.A., Shnyrev S.L., Simanovsky I.G., "Methods of (CO₂)-C-14, (CO₂)-C-13 and (CO₂)-C-12 detection in gaseous media in real time", Laser Physics, 2017, 27, (10), p.105701.
3. Задириев И.И., Рухадзе А.А., Кралькина Е.А., Вавилин К.В., Павлов В.Б., Тараканов В.П., "Математическое моделирование емкостного ВЧ разряда низкого давления, помещенного во внешнее радиальное магнитное поле, посредством программы karat", Журнал технической физики, 2016, 86, (11), с.1-5.
4. Сатов Ю.А., Шумшуров А.В., Васильев А.А., Балабаев А.Н., Лосев А.А., Хрисанов И.А., Рерих В.К., "Характеристики импульсно-периодического СО₂-лазера для приложений в области лазерной плазмы", Приборы и техника эксперимента, 2016, № 3, с.83-90.
5. Frolov M.P., Korostelin Y.V., Kozlovsky V.I., Podmar'Kov Y.P., Savinova S.A., Skasyrsky Y.K., "3 J pulsed Fe:ZnS laser tunable from 3.44 to 4.19 μm", Laser Physics Letters, 2015, 12, (5), p.055001.
6. Kaziev A.V., Khodachenko G.V., "Optical diagnostics of low-pressure quasi-stationary diffuse discharge", Physica Scripta, 2014, 161, с.014053.
7. Kireev S.V., Shnyrev S.L., Sobolevsky I.V., Kondrashov A.A., "Development of an on-line CO₂ isotopologues' detection method based on a diode laser in gaseous media", Laser Physics Letters, 2014, 11, (12), с.125703.
8. Firsov K.N., Gavrishchuk E.M., Kazantsev S.Y., Kononov I.G., Maneshkin A.A., Mishchenko G.M., Nefedov S.M., Rodin, S.A., Velikanov S.D., Yutkin I.M., "Spectral and

temporal characteristics of a ZnSe:Fe²⁺ laser pumped by a non-chain HF(DF) laser at room temperature”, Laser Physics Letters, 2014, 11, (12), p.125004.

9. Kireev S.V., Shnyrev S.L., Simanovsky I.G., Sobolevsky I.V., Suganeev S.V., Kondrashov A.A., “A laser-induced fluorescence method for detecting iodine-129 in the atmosphere using a frequency-doubled neodymium laser”, Laser Physics, 2013, 23. (10), c.105701.

Председатель совета по аттестации и подготовке

научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ,

профессор, д.ф.-м.н.



Кудряшов Н.А.