

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Козлова Андрея Юрьевича «Лазер на основных и обертонах 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».

В последние годы быстрыми темпами развиваются лазерные системы, создаваемые на базе нового поколения мощных компактных газоразрядных молекулярных лазеров, как непрерывного, так и импульсно-периодического действия, имеющих повышенные удельные выходные характеристики и высокое качество когерентного излучения в среднем ИК диапазоне спектра. К их числу, в первую очередь, относятся планарные волноводные ИК лазеры, возбуждаемые высокочастотным (ВЧ) разрядом с диффузионным охлаждением активной среды. Однако большинство работ, посвященных исследованиям лазеров такого типа, проводилось при комнатной или немного пониженной температуре. В то же время, известно, что наилучшие спектральные и энергетические характеристики одного из самых эффективных газовых лазеров на окиси углерода (СО) – достигаются при криогенном охлаждении активной среды. Кроме того, генерация излучения на обертонах переходах молекулы СО была получена только при криогенном охлаждении. Подавляющее большинство исследований электроразрядных криогенных СО-лазеров проводилось либо на больших установках, действующих в моноимпульсном режиме, либо в установках с медленной или сверхзвуковой прокачкой активной среды. А непрерывные или импульсно-периодические криогенные СО-лазеры без прокачки активной среды практически никто не исследовал, потому что считалось, что такой лазер не может работать сколько-нибудь долгое время из-за быстрой деградации активной среды.

Поэтому тема диссертационной работы А.Ю. Козлова, посвященная созданию и исследованию генерационных характеристик компактных щелевых СО-лазеров с накачкой ВЧ разрядом и криогенным охлаждением электродов, действующих без прокачки активной среды, представляется весьма актуальной.

Диссертация изложена на 107 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключение и списка литературы, содержащего 158 наименований.

Во введении обосновывается актуальность, новизна, достоверность и практическая ценность полученных результатов. Также определяются цели и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, и основные научные результаты.

Первая глава является обзором литературы по теме диссертации, который дает хорошее введение в тему работы и показывает место рассматриваемых задач среди современных исследований.

Во второй главе представлены описания, конструктивные особенности и основные параметры созданных лазерных установок с щелевой геометрией активной среды, накачкой импульсно-периодическим ВЧ разрядом и криогенным охлаждением электродов, а также описание вспомогательного оборудования, использовавшегося в экспериментах.

В третьей главе представлены результаты исследования генерационных характеристик криогенных щелевых лазеров, действующих на фундаментальных переходах молекулы СО. Были определены оптимальные для созданных установок параметры ВЧ накачки, состав и давление активной среды. В режиме свободной генерации многочастотного излучения средняя мощность лазера составила 12 Вт, а эффективность 14% в диапазоне длин волн 5.1 – 5.4 мкм. В частотно-селективном режиме работы была получена генерация на ~100 лазерных линиях в спектральном диапазоне 4.9 – 6.5 мкм со средней выходной мощностью от нескольких единиц до нескольких десятков милливатт в линии.

Получена генерация излучения в режиме модуляции добротности резонатора с длительностью импульсов 0.65 мкс и пиковой мощностью до 3 кВт при частоте повторения импульсов до 130 Гц. В этом режиме генерация излучения наблюдалась на ~ 80 одновременно генерирующих лазерных линиях в диапазоне длин волн от 4.95 до 6.75 мкм с пиковой мощностью отдельных спектральных компонент до 100 Вт.

В четвертой главе приведены результаты исследований генерационных характеристик криогенного щелевого обертонного СО-лазера с накачкой ВЧ разрядом. Получена генерация лазерного излучения в спектральном диапазоне 2.5 – 4.0 мкм. При этом в интервале длин волн от 2.95 до 3.45 мкм средняя мощность излучения лазера достигала 2 Вт, а эффективность – 1.6 %. Проведен анализ плазмохимических процессов в активной среде криогенных СО-лазеров, позволяющих им стably работать достаточно долгое время без прокачки газовой смеси. Показано, что длительная работа криогенного щелевого СО-лазера реализуется при использовании газовых смесей с аномально высоким для СО-лазеров содержанием кислорода (от 20 до 50 % по отношению к концентрации молекул СО) в лазерной смеси. При этом наибольшая средняя мощность лазерной генерации получается при более низких концентрациях кислорода, а с увеличением концентрации кислорода возрастает время стабильной работы установки при незначительном снижении средней выходной мощности. При наибольших концентрациях кислорода обеспечивается генерация более чем 10^6 лазерных импульсов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

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, в том числе в патенте на изобретение, многократно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Следует отметить научную новизну и практическую ценность основных полученных результатов диссертации, которые важны для разработки и повышения эффективности новых

компактных ВЧ газоразрядных лазеров с криогенным охлаждением без принудительной прокачки рабочего газа с высокими удельными выходными характеристиками.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением современного оборудования и методов измерений, воспроизводимостью результатов на нескольких экспериментальных установках.

К недостаткам диссертации можно отнести следующее:

В тексте диссертации неделено должного внимания следующим вопросам: учету согласования генератора ВЧ мощности с динамической газоразрядной нагрузкой и точности измерения величины мощности вкладываемой в плазму разряда; рассмотрению условий поджига (пробоя) разрядного промежутка; влиянию неоднородностей распределения напряжения вдоль электродов и, как следствие, энерговклада в плазму ВЧ разряда при изменении газоразрядных параметров активной среды при разных режимах работы лазеров. Не приведена оценка возможного влияния указанных параметров на выходные генерационные характеристики лазеров.

Эти замечания не относятся к основным выводам диссертации и не снижают общего высокого уровня работы. Диссертация Козлова А.Ю. представляет собой законченное физическое исследование и заслуживает общей положительной оценки.

Диссертация написана ясным и четким языком. Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание.

Считаю, что диссертационная работа «Лазер на основных и обертонных переходах молекулы СО с накачкой щелевым высокочастотным разрядом и криогенным охлаждением электродов» удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам Козлов Андрей Юрьевич несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Официальный оппонент
зам. директора по научной работе,
зав. лабораторией газоразрядных лазеров
Института общей физики им. А.М. Прохорова
Российской академии наук,
кандидат физико-математических наук
Адрес: Россия, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38,
тел.: +7(499)135-0077
e-mail: mineev@kapella.gpi.ru



Минеев Александр Петрович

23. 11. 2017



Подпись Александра Петровича Минеева заверяю:
Ученый секретарь Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института общей физики им. А.М. Прохорова
Российской академии наук (ИФ РАН),
доктор физико-математических наук

Андреев Степан Николаевич

Список основных работ кандидата физико-математических наук Минеева Александра Петровича по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Минеев А.П., Дроздов А.П., Нефедов С.М., Пашинин П.П., Гончаров П.А., Киселев В.В., “Планарный Хе-лазер с непрерывной высокочастотной накачкой”, *Квантовая электроника*, 2012, 42, № 7, с.575-579.
2. Минеев А.П., Нефедов С.М., Пашинин П.П., Гончаров П.А., Киселёв В.В., Дроздов А.П., “Планарный газоразрядный СО-лазер с ВЧ накачкой”, *Вестник воздушно-космической обороны*, 2015, № 3 (7), с.47-51.
3. Минеев А.П., Нефедов С.М., Пашинин П.П., Гончаров П.А., Киселёв В.В., Дроздов А.П., “Планарные газоразрядные СО₂- СО- и Хе-лазеры с СВЧ накачкой”, *Вестник воздушно-космической обороны*, 2015, № 3 (7), с.52-56.
4. Игнатов Н.А., Огарь М.А., Минеев А.П., Нефёдов С.М., “Работа СО-лазера с ВЧ-накачкой при охлаждении электродов проточной водой комнатной температуры”, *Успехи современной радиоэлектроники*, 2016, № 2, с. 145-149.
5. А.П. Минеев, С.М. Нефедов, П.П. Пашинин, П.А. Гончаров, В.В. Киселев, П.А. Дроздов. Исследования селекции излучения СО-лазера парами воды и поглощения излучения рабочим газом в неактивных зонах резонатора. *Вестник воздушно-космической обороны*, 2017, №4(16), с.76-82.