

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Казаряна Мишика Айразатовича
на диссертационную работу Казанцева Сергея Юрьевича
«Высокоэнергетические нецепные HF(DF) лазеры, инициируемые объемным
самостоятельным разрядом»
представленной на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Актуальность темы диссертации. Мощные лазеры, излучающие в спектральной области 2,6–5 мкм востребованы в различных областях науки и техники - это дистанционное зондирование атмосферы, разделение изотопов, медицина, специальные применения и т.п. Диссертационная работа Сергея Юрьевича Казанцева посвящена разработке физических основ для создания высокоэнергетических эффективных нецепных HF(DF)-лазеров и лазерных комплексов на их основе, излучающих в спектральном интервале 2,6–5 мкм. Тема диссертации, несомненно, актуальна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Автором на высоком научном уровне используются различные подходы и методы обоснования полученных экспериментальных данных, выводов и рекомендаций. В диссертационной работе анализируются известные достижения, теоретические положения других авторов по проблеме увеличения энергетических характеристик нецепных HF(DF) лазеров и управления их спектром излучения. Список использованной литературы содержит 223 наименования. Выводы и результаты, полученные диссертантом, обоснованы и достоверны, так как опираются на результаты теоретического анализа и многочисленные эксперименты, а также созданием, на основе, развитых автором принципов, лазерных установок.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Впервые выявлена и детально исследована новая форма объемного самостоятельного разряда - самоиницирующийся объемный разряд. Найдены необходимые условия для реализации объемного разряда в форме самоиницирующегося объемного разряда.
2. Развита новый подход к проблеме увеличения энергетических характеристик нецепных HF(DF) лазеров, основанный на использовании свойств самоиницирующегося объемного разряда. Созданы лазеры с

самыми высокими значениями энергии в импульсе и средней мощности среди нецепных электроразрядных HF(DF) лазеров.

3. Впервые в широком интервале температур определена величина приведённой критической напряженности электрического поля в недиссоциированном SF₆ и указаны причины противоречия данных, полученных другими исследовательскими группами.

4. Впервые созданы мощные лазерные системы, излучающие в спектральном диапазоне 3,7–5 мкм на основе оптически возбуждаемых с помощью нецепного HF(DF)-лазера кристаллов ZnSe и ZnS, легированных ионами железа. Показано, что эффективность преобразования излучения накачки в кристалле ZnSe:Fe²⁺ при комнатной температуре составляет 50%.

Достоверность полученных результатов подтверждается их публикацией в рецензируемых журналах, представлением на многочисленных научных конференциях, а также успешным воспроизведением результатов, впервые полученных автором, другими исследовательскими группами. Результаты диссертации опубликованы в 90 работах, из них 56 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, получен 1 патент, 40 работ опубликовано в трудах Всероссийских и Международных конференций.

Значимость для науки и практики, полученных автором результатов, состоит в открытии новой формы объемного самостоятельного разряда, которая реализуется в смесях газов, содержащих сильно электроотрицательные многоатомные газы, применение которой для возбуждения активной среды газовых лазеров позволяет существенно упростить конструкцию лазерной установки и более чем на порядок увеличить выходную энергию лазера.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка цитированной литературы. Общий объем диссертации составляет 253 страницы, включая 135 рисунков, 4 таблицы и библиографию из 223 наименований. Во введении обосновывается актуальность темы исследований, сформулированы цель, задачи исследований и основные научные положения диссертационной работы, новизна и практическая ценность полученных в диссертации результатов. Кратко изложено содержание работы по главам.

В первой главе содержится аналитический обзор работ, посвященных проблемам создания высокоэнергетических нецепных электроразрядных HF(DF)-лазеров и возможностям расширения их спектра генерации.

Во второй главе представлены результаты параметрических исследований самоиницирующегося объемного разряда в газовых смесях на основе SF_6 , из которых следует, что разряд имеет принципиально струйную структуру, состоящую из перекрывающихся диффузных каналов. Исследована динамика формирования разряда и его устойчивость в различных электродных системах. Представлены численные модели, которые позволяют проводить расчет характеристик объемного разряда в рабочих смесях нецепного HF(DF) лазера, а также качественно исследовать динамику формирования самоиницирующегося объемного разряда.

В третьей главе диссертации приводятся результаты исследований плазмы одиночного диффузного канала в SF_6 и смесях SF_6 с углеводородами. Исследуются механизмы, позволяющие получать объемный разряд в рабочих смесях HF(DF) лазера без использования специальных устройств предыонизации. Обсуждаются общие закономерности формирования объемных разрядов в SF_6 и смесях на его основе.

В четвертой главе приведены результаты исследований влияния импульсного лазерного нагрева газа на характеристики объемного разряда в газовых смесях на основе SF_6 и проанализирован процесс развития плазменной неустойчивости в активных средах электроразрядных нецепных HF(DF)-лазеров вследствие отрыва электронов от отрицательных ионов электронным ударом. Показано, что приведенное критическое поле в недиссоциированном SF_6 и смесях $SF_6:C_2H_6$, монотонно увеличивается с ростом температуры газа за счет увеличения скорости прилипания электронов к колебательно-возбужденному SF_6 .

В пятой главе диссертации приводятся результаты исследований характеристик нецепных HF(DF) лазеров инициируемых объемным разрядом. Показана возможность масштабирования энергетических характеристик и создание лазеров с выходной энергией ~ 1 кДж. Продемонстрирована возможность контроля волнового фронта излучения нецепных HF(DF) лазеров с помощью методов Тальбо-интерферометрии.

В шестой главе приводятся результаты исследований, выполненных с применением созданных нецепных HF(DF) лазеров. Представлена концепция создания мощных лазерных систем, излучающих в спектральной области 3-5 мкм на основе кристаллических структур – ZnSe и ZnS, легированных ионами железа при накачке нецепным HF лазером.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Замечания. В тексте диссертации часто встречаются сокращения и аббревиатуры, что затрудняет чтение. Как определенный недостаток воспринимается феноменологический подход к представлению экспериментальных данных и чрезмерное использование качественных рассуждений и модельных расчетов, без указания границ применения и устойчивости, используемых математических моделей. В диссертации слишком много внимание уделено исследованию физики газового разряда, при этом исследованию лазеров на кристаллических структурах ZnSe:Fe и ZnS:Fe посвящен всего один раздел 6-й главы диссертации, в котором рассматриваются в основном энергетические характеристики этих лазеров. Очень скудные данные приведены о спектре генерации лазеров и стабильности их характеристик.

Приведенные выше замечания не умаляют научной значимости диссертации.

Диссертационная работа Сергея Юрьевича Казанцева выполнена на высоком научном уровне. Содержание диссертации правильно отражено в автореферате. Особенно следует отметить достижения в области реализации масштабируемого объемного разряда в газовых средах содержащих сильно электроотрицательные газы, а также создание лазерных установок среднего ИК диапазона с рекордными энергетическими характеристиками. Диссертация представляет собой систематическое законченное научное исследование в области лазерной физики. Совокупность результатов и положений, содержащихся в диссертации, позволяют квалифицировать ее как значительное достижение в области лазерной физики и физики газового разряда.

Диссертационная работа Сергея Юрьевича Казанцева полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней и Паспорту специальности. Ее автор С.Ю. Казанцев, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 - Лазерная физика.

Высококвалифицированный ведущий научный сотрудник, профессор,

д.ф.-м.н, иностранный член НАН РА

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,

Казарян Мишик Айразатович

22.03.2019

Федеральное бюджетное государственное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

119991 ГСП-1 г. Москва, Ленинский пр-т. 53, ФИАН

Тел.: +7(499)132-64-32 e-mail: kazaryanma@lebedev.ru

Адрес официального сайта организации: <http://lebedev.ru>

Подпись Казаряна Мишика Айразатовича удостоверяю

Ученый секретарь

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,

кандидат физико-математических наук,

Колобов Андрей Владимирович

22.03.2019

