

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Рыжкова Сергея Витальевича на диссертационную работу Казанцева Сергея Юрьевича «Высокоэнергетические нецепные HF(DF) лазеры, инициируемые объемным самостоятельным разрядом», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Диссертационная работа Казанцева Сергея Юрьевича посвящена актуальной теме исследования - 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.

В диссертационной работе Сергея Юрьевича Казанцева для обоснования научных положений применялись различные подходы и методики исследований, которые в дальнейшем анализировались и сравнивались с известными достижениями других авторов. 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, реальных экспериментальных установок.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Впервые выявлена и детально исследована новая форма объемного самостоятельного разряда (ОСР) - самоиницирующийся объемный разряд (СИОР).
2. Предложен новый подход к проблеме увеличения энергетических характеристик нецепных HF(DF) лазеров, основанный на использовании свойств самоиницирующегося объемного разряда. Созданы лазеры с самыми высокими в мире

значениями энергии в импульсе и средней мощности среди лазеров этого типа.

3. Впервые созданы мощные лазерные системы, излучающие в спектральном диапазоне 3,7–5 мкм на основе оптически возбуждаемых с помощью нецепного HF(DF)-лазера кристаллических структур $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnSe}$ и $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnS}$. Доказана высокая эффективность (близка к квантовой) преобразования излучения нецепных HF(DF) лазеров в кристаллических структурах $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnSe}$ и $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnS}$ при комнатной температуре.

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 журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, 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 химических 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 SF₆, 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 SF₆ и смесях SF₆ 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 SF₆ 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 SF₆ 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 $\text{SF}_6:\text{C}_2\text{H}_6$, 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: 1. Автором показано, что достаточно примитивная модель плазмы СИОР позволяет с высокой точностью рассчитывать вольт-амперные характеристики разряда. В то же время результаты расчетов характеристик плазмы было бы желательно дополнить расчетом спектрально-временных характеристик созданных лазеров.

2. В разделе 5.3 диссертации, посвященной исследованию возможности контроля волнового фронта излучения нецепных HF(DF) лазеров показана возможность получения контрастных интерферограмм, но так и не показано как выглядит волновой фронт HF(DF) лазера.

3. Вызывает сожаление, что развитые автором математические модели плазмы СИОР не нашли отражения в выводах диссертации и защищаемых положениях.

4. В тексте диссертации часто встречаются сокращения и аббревиатуры, что затрудняет чтение. Иногда трудно понять, в чем разница между СИОР и ОСР, поскольку при описании эксперимента автор в одном случае называет разряд ОСР, а в другом - СИОР.

Приведенные выше замечания не умаляют научной значимости диссертации. Диссертационная работа Сергея Юрьевича Казанцева выполнена на высоком научном уровне и является завершенной научно-квалификационной исследовательской работой. Содержание диссертации правильно отражено в автореферате. Особенно следует отметить создание лазерных установок среднего ИК диапазона с рекордными энергетическими характеристиками.

Диссертационная работа С.Ю. Казанцева полностью соответствует требованиям постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Казанцев Сергей Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 - Лазерная физика.

Официальный оппонент  Рыжков Сергей Витальевич

Доктор физико-математических наук, доцент
профессор кафедры теплофизики федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»

105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел.: +7 (499) 263-65-70, e-mail: svryzhkov@bmstu.ru