

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Ломаева Михаила Ивановича
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. 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 достижения, теоретические положения других исследовательских групп 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.

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 SF_6 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 накачиваемых 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 опубликованы 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 накачки 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 производить 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 SF₆ и смесях SF₆:C₂H₆, монотонно увеличивается с ростом температуры газа за счет увеличения скорости прилипания электронов к колебательно-возбужденному SF₆.

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 ~1кДж. Продемонстрирована возможность контроля волнового фронта излучения нецепных HF(DF) лазеров с помощью методов Гальбо-интерферометрии.

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

В заключении перечислены основные результаты работы.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. 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.
2. При обсуждении возможности масштабирования HF(DF) лазера (стр. 192 диссертации) утверждается, что «при увеличении V_a исключительно за счет увеличения d удельный энерговклад в расчете на единицу объема и на молекулу будет увеличиваться, как C ». Утверждение справедливо относительно энерговклада на одну молекулу. Однако, удельный энерговклад на единицу объема W/V_a при обсуждаемых условиях будет пропорционален $C^{-1/2}$, поскольку энергия накачки $W \sim C$, а активный объем V_a , как следует из необходимости выполнения условия устойчивости разряда, пропорционален $\sim C^{3/2}$.
3. В диссертационной работе на стр. 65, 66, 125, 131 имеются опечатки; в подписи к рис. 4.8 используется английское слово «and»; на рис. 4.11 приведены английские a), b), c), d) вместо использованных в подписи к данному рисунку а), б), с), д); в тексте на странице 191 для обозначения разрядников использованы « $SG_1 \div SG_n$ » вместо приведенных на рис. 5.16 « P_1, P_2, P_n ».

Указанные замечания не затрагивают основных выводов работы и положений, выносимых на защиту, не снижают общей положительной оценки 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.

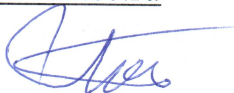
Официальный оппонент,

Ломаев Михаил Иванович, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика, ведущий научный сотрудник лаборатории оптических излучений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук.

Тел.: +7(3822) 49-16-85

E-mail: Lomaev@loi.hcei.tsc.ru

М.И. Ломаев



634055, Россия, г. Томск, проспект Академический, 2/3, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук

Тел. (3822) 491-544

E-mail: contact@hcei.tsc.ru

<http://www.hcei.tsc.ru/ru/cat/address/address.html>

Подпись д.ф.-м.н. М.И. Ломаева заверяю

Ученый секретарь ИСЭ СО РАН,
доктор физико-математических наук



И.В. Пегель

26 апреля 2019