

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кузнецова Ивана Игоревича
**«Лазеры с высокой средней мощностью на основе Yb:YAG элементов
перспективных геометрий»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.21 — «лазерная физика»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа И.И. Кузнецова посвящена созданию перспективных лазеров на основе трехмерных (стержни, диски и т.д.) активных элементов с использованием кристалла Yb:YAG. Высокая эффективность генерации в подобных средах и очень невысокий уровень стоксовых потерь в них делают их весьма перспективными для целого ряда практических применений, что подтверждается и тем лидирующим положением, которое такая среда заняла на сегодня в области создания волоконных лазеров. Как и в других лазерных системах на основе трехмерных (объемных) кристаллических активных элементов, при создании подобных систем ключевыми являются различные аспекты теплофизики, теплопроводности и охлаждения активных элементов, на которых автор в основном и сконцентрировался, что однозначно подтверждает актуальность исследования. При этом автор отнюдь не ограничился фундаментальными аспектами спектроскопических и теплофизических исследований, но проанализировал и прикладные аспекты различных геометрий иттербиевых лазерных генераторов и усилителей, и, в завершение, продемонстрировал эффективную работу двух конкретных лазерных систем на их основе – непрерывной системы достаточно высокой средней мощности и системы для усиления импульсов с широким спектром, компрессируемых до субпикосекундной длительности. Эти приложения результатов диссертации не оставляют сомнения в актуальности её темы. Содержание работы соответствует паспорту специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Достоверность и степень обоснованности результатов и положений

Научные положения, сформулированные в диссертации, основаны на аналитических описаниях процессов, для чего были применены методы математического моделирования с применением ЭВМ, физического моделирования в лабораторных условиях, систематические и достоверные измерения важных оптических и теплофизических параметров кристаллов, а также проверка результатов в комплексной экспериментальной разработке реальных лазеров, имеющих самостоятельную значимость.

Научный уровень работы можно оценить как достаточно высокий.

Значимость результатов исследований для науки определяется актуальностью проведенных исследований и заключается в том, что представлен новый подход к решению известной проблемы измерения температурных зависимостей оптических параметров, новые геометрии и схемы накачки активных лазерных элементов и демонстрацией реальных лазеров.

По результатам работы опубликовано 27 работ, из них 8 статей в журналах из списка ВАК.

Научная новизна

В работе предложен, исследован теоретически, численно и в реальном эксперименте целый ряд новых архитектур построения твердотельных лазерных генераторов и усилителей на основе перспективной лазерной среды Yb:YAG. Особенно интересны в этой связи две схемы – тонкий дисковый активный элемент («активное зеркало»), в котором для подавления вредного эффекта усиленного спонтанного излучения и генерации «шепчущих» мод применен буфер из недопированного алюмоиттриевого граната и схемы усиления на основе конических стержней, в которых удачно согласованы величины коэффициента усиления и тепловые потоки. На основе этих элементов и схемных решений реализованы реальные лазеры с высокой средней мощностью, которые используются для других актуальных исследований. Отдельную, выходящую за рамки основных целей работы, значимость имеет интерферометрическая схема для измерения тепловых градиентов в прозрачных и непрозрачных средах, а также другие теплофизические приемы и подходы, предложенные и апробированные автором. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о несомненной новизне диссертационной работы И.И.Кузнецова.

Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка цитируемой литературы и списка работ автора по теме диссертации. Общий объем диссертации составляет 102 страницы, включая 37 рисунков и 3 таблицы. Список цитируемой литературы содержит 85 источников.

Во Введении сформулированы цель работы и основные ее задачи. Здесь же приводятся базовые сведения о спектроскопических и иных особенностях граната с иттербием как лазерной среды.

Первая глава посвящена целому комплексу вопросов, задач и новых подходов к измерению теплофизических и термооптических свойств граната с иттербием и ряда других лазерных материалов и сред – как прозрачных, так и непрозрачных. Предложен и применен интерферометрический подход к измерению теплопроводности этих материалов, имеющий стационарный характер. Далее этот метод развит и распространен на задачу измерения теплопередачи на границе между охлаждаемым элементом и элементом для теплоотвода. Также в этой главе применительно к задачам всего исследования в целом рассмотрена и классическая задача передачи тепла от радиатора жидкому хладагенту.

Во второй главе предлагаются и исследуются различные геометрии активных элементов из граната с иттербием. На основе выбранной автором и оптимизированной им модели проанализированы вопросы термооптики и усиления в различных геометриях активных элементов при различной геометрии накачки. Показано, что для непрерывной генерации наиболее перспективной является схема «активное зеркало» с буфером из недопированного алюмоиттриевого гранта, подавляющим излучение усиленной люминесценции, а для усиления широкополосного (субпикосекундного) импульсного излучения – схема на основе конических стержней с торцевой накачкой.

В третьей главе отражены вопросы практического воплощения разработанных принципов в реальных лазерах высокой средней мощности, которые были созданы, запущены и исследованы автором.

В Заключении сформулированы основные результаты и выводы по работе, а также намечены перспективные направления дальнейших исследований.

Диссертация Кузнецова И. И. выполнена на высоком профессиональном уровне и является законченным научным исследованием. Тематика работы отвечает паспорту специальности 01.04.21 — «лазерная физика». Текст диссертации и автореферата оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

Научная и практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы были использованы при создании действующих лазерных систем различного назначения и могут быть в дальнейшем использованы в целом ряде других, в т.ч. крупномасштабных, лазерных проектов и установок. Самостоятельное значение имеют разработанные и апробированные автором подходы к исследованию явлений теплопереноса и теплопередачи. Сопутствующие теоретические выводы, а также результаты исследования оптических материалов

освещены в публикациях и могут быть применены в разнообразных приложениях лазерной физики.

По результатам диссертации имеется 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в т.ч. в ряде ведущих международных изданий. Результаты неоднократно представлялись на российских и международных конференциях, что подтверждают публикации в тезисах и сборниках докладов. Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертации

Разумеется, работа не лишена и определенных недостатков, в частности:

1. Формулировка последнего защищаемого положения представляется весьма неудачной. Защищаться должно именно положение, т.е. некоторый вновь установленный научный факт. Привязка его к конкретным точным цифрам (величине диска, точным значениям запасенной энергии и т.д.) представляется излишней.
2. Одним из важных результатов работы является оригинальный интерферометрический метод исследования теплопроводности. Нельзя не заметить, что описание собственно интерферометра и интерферометрических измерений, т.е. того, как осуществляется взаимная привязка температурных профилей двух эталонных тел, для чего нужно перемещение одного из зеркал в интерферометре и т.д., в работе изложены совершенно недостаточным образом. Для понимания сути происходящего нам потребовалось привлекать цитируемую литературу, а кое в чем – и домысливать возможный алгоритм измерений.
3. На стр.11 сказано «Сигнал субпикосекундного волоконного лазера усилен до большой средней мощности при высокой оптической эффективности и сохранении хорошего качества пучка.». Это высказывание, равно как и текст на стр.14 могут создать у читателя ложное впечатление, что авторы проводили прямое усиление субпикосекундного импульса, хотя, как видно из Главы 3, использовалась стандартная схема стретчер – усилитель – компрессор.
4. В работе встречается много разного рода жаргонизмов, некоторые из которых при буквальном прочтении могут производить впечатление ошибочных утверждений. Таких случаев много, приведем лишь несколько характерных примеров. На стр. 5 говорится о «дефекте кванта», хотя речь идет, конечно же, о т.н. стоксовых потерях. В тексте, – например, в одном из защищаемых положений, – встречается формулировка «фазовые абберации», хотя корректно говорить либо о волновых абберациях, либо, что

