

## Отзыв

официального оппонента, кандидата физико-математических наук, Савикина Александра Павловича, на диссертационную работу Волкова Михаила Романовича «Подавление тепловых эффектов в иттербиевых дисковых лазерах киловаттного уровня средней мощности», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

В диссертации М.Р. Волкова подробно исследованы основные проблемы дальнейшего увеличения средней мощности и яркости дисковых лазеров и рассмотрены подходы для их решения. Основные исследования выполнены с использованием алюмоиттриевого граната с легированием иттербием. Данная среда привлекает к себе внимание как альтернатива неодимовым средам, более перспективная с точки зрения КПД и нежелательных тепловых нагрузок, однако требующая более яркой накачки. Концепция дискового лазера развивается около 30 лет, и на настоящее время такие лазеры достигают рекордных мощностей в непрерывном режиме. Мощность одного дискового лазерного квантрона приближается к своему теоретическому пределу, поэтому актуальным является вопрос о поиске новых сред и геометрий предельно высокого качества или с улучшенными характеристиками. Ключевым вопросом является решение проблем усиленного спонтанного излучения (УСИ), перегрева среды, слабого усиления сигнала. Для продвижения в область более высоких пиковых мощностей при работе в импульсном режиме, важной характеристикой является максимальная запасаемая энергия, что в сочетании с малым объёмом среды означает высокий погонный коэффициент усиления, и, как следствие, выраженный эффект УСИ. Таким образом, задача о повышении мощности дискового лазера является **актуальной**.

Диссертация М.Р. Волкова включает в себя введение, три последовательно связанные главы, заключение, и приложения.

В первой главе предлагается оригинальный способ измерения потерь в легированных иттербием лазерных средах, в том числе потерь, связанных с переходом энергии возбужденных состояний в тепловую. Сравнение монокристаллов Yb:YAG, полученных с использованием разных техник роста, показало, что такое дополнительное тепловыделение значительно зависит от качества кристалла. В частности, продемонстрировано значительное уменьшение тепловыделения в кристаллах при покрытии молибденовых тиглей вольфрамом, что привело к уменьшению примеси молибдена в кристалле. Также в первой главе предложены улучшения существующих техник для измерения времён жизни и спектров люминесценции и выполнены измерения различных (в том числе новых) лазерных сред, легированных иттербием. Выполненные исследования и разработанные методы и подходы позволяют значительно улучшить и упростить характеризацию лазерных свойств лазерных материалов, легированных иттербием.

Вторая глава содержит описание нескольких способов скрепления активного зеркала с охлаждающим радиатором. Автором найден сравнительно простой и надёжный способ монтажа, не требующий специального оборудования, и обеспечивающий приемлемый тепловой контакт. Также, во второй главе выполнено исследование тепловых эффектов в тонкодисковом и композитном дисковом активных элементах и показано, что тепловая линза в композитном активном элементе значительно больше. Для подавления этого недостатка предложен новый тип композитного диска, с нелегированной частью из сапфира и показано, что применение сапфира, а также подавление поперечного потока тепла позволяет снизить термонаведённый набег фазы.

Третья глава посвящена вопросам повышения средней мощности и яркости дискового лазера. Путём численного расчёта проведена оптимизация ключевых

параметров дискового активного элемента (толщина, легирование). Собран лазерный резонатор с двумя дисковыми АЭ, в котором получена непрерывная лазерная генерация мощностью 1 кВт. Необходимо отметить, что такой уровень средней мощности является близок к рекордным для отечественных разработок в области твердотельных лазеров. Во второй части третьей главы рассмотрена проблема согласования размера основной моды и размера активной области в широкоапертурном АЭ. Для решения проблемы предложена оригинальная схема неустойчивого лазерного резонатора, имеющая преимущество над устойчивыми резонаторами при масштабировании размера пучка. Данная схема имеет значительные перспективы применения для создания высокоярких мультисекундных дисковых лазеров. Работоспособность схемы продемонстрирована в эксперименте, с использованием дисковых лазерных квантронов.

Диссертационная работа обладает высокой степенью научной новизны, что подтверждается значительным количеством публикаций по теме диссертации. Разработан новый подход исследования лазерных сред на предмет дополнительного тепловыделения. Необходимо отметить, что данный подход позволил оптимизировать технологию роста кристаллов методом Багдасарова. Сварка алюмоиттриевого граната с сапфиром – совершенно уникальный раздел, где впервые продемонстрирована возможность изготовления таких композитных активных элементов, а также высокоэффективная лазерная генерация в композитах подобного рода. Считаю, что научная новизна работы не вызывает сомнений.

В своей работе соискатель использовал подходы, широко распространённые мировом научном сообществе для исследований в области высокомоощных лазеров. В диссертации соискателя за основу взяты существующие и общепризнанные тезисы. Все имеющиеся результаты отображены в публикациях, их достоверность не вызывает сомнений. Диссертация написана лаконичным научным языком. Личный вклад автора очевиден и составляет основную часть диссертации.

По диссертации имеется несколько замечаний.

1. На мой взгляд, не очень хорошо звучит «дефект кванта». В люминесценции эту характеристику называют «энергетическим выходом», которую, наверно, можно обозначить символом.
2. Вместо «время жизни люминесценции» лучше использовать «время затухания люминесценции».
3. Вероятность ап-конверсии ионов иттербия при кооперировании возбуждений пропорциональна произведению населённостей возбуждённых состояний.
4. Образование кластеров редкоземельных ионов определяется не концентрацией, а характеристиками матрицы твёрдого тела.
5. Относительно метода измерения характеристик люминесценции. В эксперименте традиционно используется схема измерения, имеющая такие же возможности, состоящая из сфокусированного пучка возбуждающего излучения направленного под углом к передней поверхности исследуемого образца и системы, образованной одной или двумя линзами, в фокальной плоскости которой, размещается диафрагма. Такая система называется пространственным фильтром.
6. В нескольких местах текста диссертации допущены опечатки.

Перечисленные недочёты ни в коем случае не отменяют важность проделанной работы. Диссертация Волкова Михаила Романовича полностью удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Выражаю своё согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации

кандидат физ.-мат. наук, доцент

кафедры квантовой радиофизики и электроники,

специальность: радифизик

 А.П. Савикин

#### Контактная информация

Савикин Александр Павлович

Адрес: Россия, 603950, г.Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ)

Телефон: 462 32 63

С.т. +7902 30 99162

Эл. почта savikin@rf.unn.ru



Подпись   
Савицино А.П.  
Савицино А.П. Ученый секретарь ННГУ  
 Л.Ю. Черноморская  
15.09.20 Тел. 462-30-21