

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук Цветкова Владимира Борисовича
на диссертационную работу
Палашова Олега Валентиновича «Подавление термонаведенных эффектов в
оптических элементах твердотельных лазеров», представленную на
соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.19 – лазерная физика»
(Диссертационный совет 24.1.238.01. при Федеральном государственном
бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН»)

Актуальность работы

В последние годы произошло явное разделение твердотельных лазеров по задачам их применения. Для решения задач, требующих использования непрерывных лазеров высокой средней мощности, предпочитают использовать волоконные лазеры, которые, однако, мало пригодны для генерации коротких импульсов высокой энергии. В то же время импульсные лазеры предпочтительнее выполнять на основе кристаллов с ламповой или диодной лазерной накачкой, генерирующих излучение с малой расходимостью. Кроме того, для обоих указанных классов лазеров требуется применение оптической развязки каскадов, традиционно изготавливаемой на основе изоляторов на эффекте Фарадея. Для создания лазерных систем с высокой средней и пиковой мощностью излучения необходимо решение вопросов, связанных с термонаведенными эффектами в оптических элементах лазерных систем. Несмотря на то, что идеологические подходы к вопросам возникновения и возможных методов подавления термооптических эффектов рассматриваются на протяжении ряда лет, адекватного решения для целого ряда вопросов найдено не было, поэтому актуальность темы исследований Палашова О.В. не вызывает сомнения.

Научная новизна результатов работы определяется тем, что в ней:

- Осуществлен комплексный подход к теме подавления термонаведенных эффектов в твердотельных лазерах с высокой средней мощностью, включающий в себя все основные направления исследований, такие как поиск новых и диагностика свойств лазерных материалов и поведения их при охлаждении (вплоть до температуры жидкого азота); в зависимости от ориентаций (в случае кристаллов) кристаллографических осей и

геометрии лазерных элементов и теплоотводов; а также, разработку различных методов компенсации термонаведенных эффектов.

- Предложен новый метод компенсации термонаведенного двулучепреломления при помощи компенсатора, представляющего собой взаимный вращатель и дополнительный оптический элемент.
- Предложен метод измерения параметра оптической анизотропии ξ по поведению термодеполяризации в кубических кристаллах.
- Исследована деполяризация, определяемая температурной зависимостью постоянной Верде $V(T)$, рассмотрены условия, при которых она может давать основной вклад в термодеполяризацию.
- Определена перспективность целого ряда активных лазерных сред и магнитооптических материалов по результатам комплекса измерений таких характеристик, как: параметр оптической анизотропии ξ ; зависимость ξ от уровня легирования примесными ионами; термооптические постоянные P и Q ; дисперсия константы Верде V в зависимости от уровня легирования редкоземельными ионами кристалла.
- Определено поведение при криогенном охлаждении характеристик ряда перспективных материалов для изготовления лазерных компонентов: константы P и Q , параметра ξ ; константы Верде. Определена перспективность использования магнитооптических материалов, дающая новые возможности для криогенных изоляторов Фарадея. Определена максимально допустимая мощность P_{\max} для ряда материалов.

Практическая значимость диссертации определяется как необходимостью создания эффективных дисковых лазеров и усилителей для лазеров с высокой средней и пиковой мощностью излучения, так и методов создания изоляторов Фарадея для мощных лазеров и специальных условий применения, например, вакуумных изоляторов Фарадея для интерферометров LIGO и VIRGO в детекторах гравитационных волн.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация выполнена в виде научного доклада и состоит из введения, четырех глав, заключения и изложена на 80 страницах машинописного текста, включая 31 рисунок и список литературы, содержащий 122 наименования.

Во введении приведен краткий обзор научных исследований по тематике диссертации, описаны полученные на настоящий момент результаты, и обоснована актуальность темы диссертации. Автором сформулированы цели и задачи диссертационной работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, методология и методы

исследования, а также научная и практическая значимость проведенных исследований. Приведены сведения о публикациях и апробации работы на семинарах и конференциях, о личном вкладе автора и достоверности полученных результатов.

В первой главе приведен подробный обзор результатов исследований, проведенных в диссертационной работе, различных термооптических характеристик, измеренных при комнатной температуре для большого набора активных лазерных (оксидных керамик Y_2O_3 , Lu_2O_3 и Sc_2O_3 легированных ионами Yb^{3+}) и магнитооптических материалов (CaF_2 в зависимости от уровня легирования ионами Yb^{3+} и Tb^{3+} , новых кристаллов TSAG, NTF и ZnSe, CeF_3 , оптической керамики из гранатов TGG, TAG, Re:TAG, Tb_2O_3 и борогерманатных и фосфатных стекол содержащих тербий). По результатам измерений определена перспективность целого ряда активных и магнитооптических материалов и показано, что полоторные оксиды редкоземельных металлов обладают существенным преимуществом по сравнению с популярными сегодня гранатами для использования в лазерах с высокой средней мощностью.

Во второй главе приведено описание результатов исследования при температуре жидкого азота термооптических характеристик материалов, перспективных для применения в изоляторах Фарадея (CaF_2 , BaF_2 и SrF_2 , GGG, TSAG, CeF_3 , тербий содержащих фианита TCZ и стекла TBG, и оптических керамик TGG, TAG, Tb_2O_3 и Dy_2O_3).

Описаны также созданные в процессе выполнения работы оригинальные системы охлаждения с использованием элементов Пельтье и автоматизированная криогенная система с использованием жидкого азота.

По результатам исследований разработана конструкция криогенного изолятора Фарадея, определена перспективность использования лазерных материалов, дающая новые возможности именно при криогенном охлаждении и определены предельно допустимые мощности генерации для использования ряда магнитооптических материалов.

В третьей главе представлены результаты исследования подавления термонаведенных эффектов за счет выбора геометрии оптических и лазерных элементов и ориентации кристаллографических осей кристаллов. На основе проведенных экспериментальных исследований и теоретических расчетов показано, что интересной особенностью кубических кристаллов, обладающих оптической изотропностью свойств в ненагруженном состоянии, является то, что термонаведенные искажения, включая их поперечную структуру и величину, могут существенно зависеть от геометрии кубических кристаллов и

ориентации кристаллографических осей кристаллов относительно направления распространения света.

В четвертой главе описаны результаты экспериментального исследования подавления термонаведенных эффектов в магнитооптических элементах за счет различных схем компенсаций. В результате предложена схема внешней компенсации термонаведенного двулучепреломления, которая имеет преимущества по сравнению со схемой внутренней компенсации в том, что она позволяет модернизировать традиционные изоляторы Фарадея, существенно увеличивая R_{max} и дает возможность компенсации также и тепловую линзу за счет использования в дополнительном оптическом элементе материала с противоположным по знаку значением dn/dT .

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов работы основана на анализе автором выполненных ранее научно-исследовательских работ по предмету исследования, повторяемостью получаемых экспериментальных данных и сравнением полученных результатов с расчетными соотношениями.

Диссертационная работа представляет целостное исследование. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации О.В. Палашова, являются обоснованными. Достоверность научных положений, выводов и практических результатов, полученных в диссертационной работе, обсуждается автором в тексте диссертации, основана на анализе автором выполненных ранее научно-исследовательских работ по предмету исследования и подтверждается сравнением полученных О.В. Палашовым в ходе выполнения работы экспериментальных данных и результатов математического моделирования с известными из литературы теоретическими и экспериментальными результатами.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертации изложены в 37 публикациях в высокорейтинговых научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий и рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций, в том числе в 29 статьях первого квартиля по версии WoS (Q1), и 8 статьях в журналах Q2. В публикациях достаточно полно отражены главные результаты диссертации. Результаты работы были также представлены на большом количестве ведущих международных конференций, неоднократно представлялись в доклад Президента РАН и входили в отчеты по проектам, выполненных под руководством О.В. Палашова.

Замечания по работе

Представленная работа выполнена на высоком научном уровне. Вместе с тем, по диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

1. На стр. 8 автор указывает в качестве одного из преимуществ криогенного охлаждения активных и оптических элементов лазеров уменьшение «холодной» деполяризации. На самом деле этот эффект сильно зависит от кристаллографического качества оптического материала. Возможно резкое усиление внутренних механических напряжений при охлаждении кристаллических материалов с определенным набором дислокаций, что приводит к увеличению деполяризации в «ненагруженном» состоянии оптических элементов.
2. Вводимое в Главе 1 понятие «интерференции двух видов двулучепреломления» является, на мой взгляд не совсем удачным, т.к. в оптике определение интерференции традиционно закреплено за другими эффектами.
3. Слишком кратко описаны экспериментальные установки. Например, на рис.1.1. не указан угол между оптической осью полуволновой пластинки и плоскостью поляризации пробного излучения.
4. Слишком подробное описание результатов в заключениях к главам работы. Более краткое и более структурированное смотрелось бы лучше.

Заключение.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа Палашова Олега Валентиновича «**Подавление термонаведенных эффектов в оптических элементах твердотельных лазеров**», является законченным исследованием, выводы основаны на большом и достоверном экспериментальном материале и подтверждаются математическими расчетами, выполненными с использованием адекватных моделей и исходных данных. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, хорошо обоснованы, обладают научной новизной и представляют как научную, так и практическую ценность. Сочетание научной новизны, достоверности результатов и практической значимости позволяет заключить, что диссертационная работа Палашова Олега Валентиновича является законченной научно-квалифицированной работой на соискание ученой степени доктора физико-математических наук и отвечает требованиям, установленным Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки

Российской Федерации к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.19 – «лазерная физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, установленным в разделе II Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 01 октября 2018 г. № 1168), а ее автор О.В. Палашов заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19 – «лазерная физика».

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации Палашова О.В.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
заместитель директора по научно-
организационной работе Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Федеральный исследовательский центр
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова
Российской академии наук» (ИОФ РАН)
Специальность 01.04.21
119991, Москва, ул. Вавилова, 38
Телефон +7 (499) 503-8777+390
e-mail: tsvetkov@lsk.gpi.ru

Владимир
Борисович
Цветков

27.12.2023



ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

СЕКРЕТАРЯ ИОФ РАН

Глушков В.В.

Цветаева Б.Б.