

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора Рябочкиной Полины Анатольевны
на диссертационную работу Палашова Олега Валентиновича «Подавление
термонаведенных эффектов в оптических элементах твердотельных лазеров»,
оформленную в виде научного доклада и представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.19– лазерная физика.

Диссертационная работа Палашова Олега Валентиновича посвящена разработке методов компенсации термонаведенных эффектов в лазерных элементах твердотельных лазеров с высокими энергетическими характеристиками, поиску лазерных материалов для мощных твердотельных лазеров, распространяясь в которых излучение характеризуется меньшими поляризационными и фазовыми искажениями, а также разработке лазерных узлов для лазеров с рекордными характеристиками.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка литературы и списка публикаций автора, в которых изложены основные результаты диссертации.

Во Введении обосновывается актуальность исследований, связанная с необходимостью разработки твердотельных лазеров с высокими значениями пиковой и средней мощности, необходимых для использования в различных отраслях промышленности (резке, сварке в автомобиле- и авиастроении, производстве устройств электроники и т.д.), в медицине, в научных исследованиях и т.д.

Во Введении также представлен материал, отражающий степень разработанности темы, определены цель и задачи диссертационной работы, описана методология и методы исследований, представлены научная новизна и положения, выносимые на защиту. Обоснована достоверность полученных результатов, определен личный вклад автора, представлены сведения об апробации работы, количестве и качестве публикаций по теме диссертационной работы.

В главе 1 приведены результаты измерений параметра оптической анизотропии ξ для кристаллов NTF, TCZ. Для кристалла CaF_2 получены зависимости данного параметра от вида легирующего иона (Yb и Tb). Определены термооптические постоянные Q и P для кристаллов NTF, TCZ, керамик $\text{Yb:Lu}_2\text{O}_3$, $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$, $\text{Yb:Sc}_2\text{O}_3$; Tb_2O_3 . Получена зависимость $V(\lambda)$ для кристалла TSAG, керамик TAG, Tb_2O_3 , тербий содержащих фосфатных стекол, кристаллов ZnSe, NTF, TCZ, керамики TAG; стекла TBG.

Результаты исследований, представленные в главе 1, свидетельствуют о том, что новый класс материалов – полупрозрачные оксиды редкоземельных металлов, обладают существенным преимуществом для использования в лазерах с высокой средней мощностью по сравнению с широко используемыми и популярными в настоящее время кристаллами гранатов. Лазерное излучение при распространении в керамиках $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$, $\text{Yb:Lu}_2\text{O}_3$ и $\text{Yb:Sc}_2\text{O}_3$ характеризуется меньшими поляризационными и фазовыми искажениями, по сравнению с кристаллами Yb:YAG . Кроме того, керамики Tb_2O_3 и Dy_2O_3 обладают существенно большей константой Верде и, как следствие, большей максимальной рабочей мощностью по сравнению с кристаллом или керамикой TGG.

Глава 2 посвящена результатам разработки автоматизированной криогенной системы (АКС), позволяющей производить измерения термооптических характеристик лазерных материалов в зависимости от температуры, вплоть до температур жидкого азота. С ее использованием при условии криогенного охлаждения определено поведение

характеристик ряда перспективных лазерных материалов: констант Q и P для кристалла и керамики TGG, TCZ; отношения P/Q для кристалла GGG, керамики TAG, Tb₂O₃, стеклок МОС-04, ТВГ; параметра ξ кристаллов GGG, CaF₂, BaF₂ и SrF₂; константы Верде кристаллов TSAG, TCZ, керамики Dy₂O₃, стекла ТВГ.

На основе АКС разработано новое устройство – криогенный изолятор Фарадея (КИФ), исследовано поведение магнитных систем, выполненных из ферромагнитных сплавов Sm-Co и Nd-Fe-B. Показано, что в КИФ необходимо учитывать деполяризацию γ_V и деполяризацию γ_H , определяемую неоднородностью магнитного поля. Определена перспективность использования лазерных материалов, дающая новые возможности для КИФ.

В главе 3 представлены результаты экспериментального исследования термодеполяризации при распространении излучения вдоль кристаллографического направления [110] при большой мощности тепловыделения. Продемонстрировано, что это является оптимальным при условии, что диаметр накачки больше диаметра лазерного излучения и значительно меньше диаметра кристалла. Такое уменьшение деполяризации может быть эффективно использовано в дисковых АЭ, поскольку диаметр диска должен быть значительно больше диаметра рабочей области во избежание возникновения паразитной поперечной генерации.

Предложен метод измерения параметра оптической анизотропии ξ по поведению термонаведенной деполяризации в кубических кристаллах, ориентированных вдоль направления [001], который позволяет определять не только его модуль, но и знак. Метод апробирован на кристаллах CaF₂ и TGG, для которых значения ξ составили -0.47 и +2.25. На примере кристалла CaF₂ экспериментально подтверждено, что кристаллы с отрицательным ξ обладают уникальным свойством, позволяющим значительно уменьшить γ с помощью выбора ориентации кристалла. В главе 3 представлен ИФ, созданный на кристалле CeF₃ с $P_{\max} = 800$ Вт. Также представлены результаты разработок по созданию изоляторов Фарадея с укороченными МОЭ из стекла МОС-04 или кристалла TGG за счет использования магнитной системы на базе сверхпроводящих соленоидов или КИФ. Оценены перспективы создания ИФ, которые могут работать при мощности в десятки кВт.

Описан предложенный эффективный способ охлаждения и термостабилизации лазерных элементов при помощи элементов Пельтье, который позволяет обеспечить стабильную работу при лазерной мощности > 10 кВт квантронов на дисковых активных элементах из Yb:YAG и ИФ на TGG при охлаждении до температур 210...240 К.

На основании выполненных исследований предложено использовать известные на данный момент кристаллы селенида цинка, тисонита и фторида кальция в новом качестве – в ИФ для лазерного излучения с высокой мощностью.

Представлены разработки ИФ на новых материалах: кристаллах TSAG и NTF и стекле ТВГ с $P_{\max} = 1$ кВт; 2 кВт и 300 Вт, соответственно.

В главе 4 описана схема внешней компенсации термонаведенного двулучепреломления, которая имеет преимущества по сравнению со схемой внутренней компенсации. В ИФ на основе TGG использование компенсатора вне магнитного поля позволило уменьшить γ в 36 раз. Сделан вывод о том, что продемонстрированная возможность компенсации γ в ИФ на основе TGG керамике, показывает возможность создания устройства, обеспечивающего $P_{\max} > 2$ кВт.

Представлены разработки ряда ИФ для работы при условии высокого вакуума ($10^{-7} \dots 10^{-8}$ Торр) в интерферометрах LIGO и VIRGO, выполненных по схеме внутренней компенсации термодеполяризации. Приведены зависимости в МОЭ I (PL), тепловой линзы от PL и теплового дрейфа пучка от времени.

В Заключение представлены результаты и выводы диссертационной работы.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают несомненной научной новизной и вносят существенный вклад в развитие физики твердотельных лазеров с высокими энергетическими характеристиками. В работе впервые систематически исследованы возможности подавления термонаведенных эффектов в оптических элементах твердотельных лазерах, включающие:

- поиск и диагностику новых/перспективных лазерных материалов;
- криогенное охлаждение лазерных материалов;
- использование кристаллов с заданной кристаллографической ориентацией (в случае кристаллов) и геометрий лазерных элементов и теплоотводов;
- разработку различных методов компенсации термонаведенных эффектов.

Результаты работы имеют большую практическую значимость. Полученные автором диссертационной работы результаты по созданию КИФ послужили основой для последующих разработок дисковых лазеров и вакуумных ИФ, которые использовались в интерферометрах LIGO, VIRGO при регистрации гравитационных волн.

Достоверность результатов подтверждается использованием апробированных современных методов исследования и хорошим соответствием теории с результатами эксперимента. Достоверность подтверждается публикациями в авторитетных научных изданиях, а также их представлением на многочисленных научных конференциях. Личный вклад автора в представленные в диссертации результаты четко сформулирован. Нет сомнений в том, что автор диссертационной работы внес решающий вклад во все выносимые на защиту положения и результаты. Характеризуя в целом диссертационную работу, надо отметить, что она представляет собой систематическое комплексное исследование, направленное на решение актуальных проблем современной лазерной физики и техники.

По диссертационной работе можно сделать несколько замечаний:

1) В диссертационной работе описаны методология и методы исследования. Погрешности измерений для экспериментальных методов не приведены. Было бы целесообразно их указать.

2) Автор диссертационной работы отмечает, что исследовал влияние ориентации кристаллов на термодеполяризацию. Представляются наиболее корректными фразы об исследовании термодеполяризации при распространении лазерного излучения вдоль соответствующих (указанных автором работы) кристаллографических направлений. При этом было интересно и важно, если бы автор объяснил различие термодеполяризации при распространении излучения вдоль разных кристаллографических направлений с позиций особенностей структуры исследуемых им кристаллов.

3) Хорошо известно, что после роста кристаллы характеризуются внутренними напряжениями, которые обеспечивают наличие оптической анизотропии даже у кристаллов с кубической структурой, что может влиять на процессы, исследуемые автором. В соответствии с этим было бы целесообразным, уделить больше внимания характеристикам оптического качества исследуемых кристаллов, например, представить результаты исследования кристаллов методом поляризационной оптической микроскопии.

Также из представленного в диссертации материала не ясно каким было оптическое качество исследуемых керамик и как оно влияет на эффект деполяризации.

4) В работе представлены результаты исследований постоянной Верде V и термооптических характеристик керамики TAG, легированных ионами Si и Ti с различными концентрациями. Не ясно чем был обусловлен выбор данных допантов и величин их концентраций.

Все указанные замечания носят непринципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа Палашова Олега Валентиновича «Подавление термонаведенных эффектов в оптических элементах твердотельных лазеров» является законченным крупным исследованием, которое можно квалифицировать как научное достижение, и полностью соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (действует с 01.01.2014 г.), а ее автор Палашов Олег Валентинович заслуживает присуждения ему ученой степени – доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.19– лазерная физика.

Я, Рябочкина П.А. выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Официальный оппонент:

Полина Анатольевна Рябочкина

доктор физико-математических наук («физика конденсированного состояния»),

профессор, заведующий кафедрой фотоники

Национального исследовательского


Мордовского государственного университета

им. Н.П. Огарева

Почтовый адрес: ул. Большевикская, д. 68, г. Саранск, Республика Мордовия, 430005

Телефон: +7 (8342) 29-07-95,

Почта: ryabochkina@freemail.mrsu.ru

 26.01.2024

