

20.11.2020 № 22-1/81

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Университета ИТМО


«20» ноябр 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Яковлева Алексея Ивановича

«Влияние параметра оптической анизотропии на особенности термонаведенных эффектов в кубических кристаллах с учетом циркулярного двулучепреломления», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 –
Лазерная физика

Диссертационная работа Яковлева А. И. посвящена исследованию термонаведенных искажений излучения в оптических элементах лазерных систем и исследованию способов их минимизации, а также экспериментальному исследованию оптических, термооптических и магнитооптических свойств кристаллических, стеклянных и керамических материалов, необходимых для создания оптических устройств лазерных систем.

Актуальность диссертационной работы. Тематика диссертационной работы относится к актуальному направлению лазерной физики, а именно - к исследованию способов минимизации термонаведенных искажений в оптических элементах. Термонаведенные эффекты являются критическим фактором, препятствующим росту средней и пиковой мощности лазерных источников с сохранением высокого качества излучения, что необходимо для применений в науке, промышленности и медицине. Тепловые эффекты, возникающие при поглощении лазерного излучения, приводят к неоднородным искажениям фазового фронта и поляризации и, в частности, к астигматизму тепловой линзы и термонаведенной деполяризации. Величина этих эффектов зависит от материальных констант среды, и в случае монокристалла - от ориентации кристаллографических осей. Следовательно, для моделирования тепловых эффектов и их минимизации актуальным является вопрос их аналитического анализа в различных материалах и экспериментальное определение соответствующих материальных констант (параметр оптической анизотропии и постоянная Верде).

В диссертационной работе исследуется эффект тепловой линзы с учетом поляризационного астигматизма, величина которого зависит от состояния поляризации на входе в оптический элемент, и возможность минимизации данного эффекта в кубических кристаллах и стекле, с учетом циркулярного двулучепреломления. Исследуемый эффект является важным при создании пассивных, активных и магнитооптических элементов, вносящих минимальные искажения в проходящее излучение. Также экспериментально определены зависимости материальных констант среды от длины волны, температуры и состава, которые необходимы для моделирования тепловых эффектов, а именно: тепловой линзы и термонаведенной деполяризации излучения. Таким образом, проведенное исследование обладает как научной новизной в области лазерной физики, так и прикладной значимостью при разработке современных лазерных систем.

Структурно диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка работ автора, списка литературы. Общий объем диссертации составляет 125 страниц, включая 52 рисунка и 9 таблиц. Список литературы содержит 185 источников.

Во введении представлен обзор литературы по тематике исследования, обосновывается актуальность и практическая значимость диссертационной работы, формулируется её цель, указывается научная новизна, кратко излагается содержание диссертации, приводятся положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена исследованию фазовых искажений, возникающих в кубических монокристаллах с произвольной ориентацией кристаллографических осей или стеклах в присутствии циркулярного двулучепреломления. Рассмотрена задача минимизации астигматизма тепловой линзы с учетом поляризационного астигматизма, который зависит от типа поляризации излучения на входе в оптический элемент. Результаты аналитического и численного расчета показывают существование оптимальной ориентации кристаллографических осей, соответствующей минимальному значению астигматизма тепловой линзы. Показано, что существует класс кристаллических материалов, в которых, при определенном выборе ориентации кристаллографических осей, астигматизм тепловой линзы будет отсутствовать, причем направления этих ориентаций определяются величиной циркулярного двулучепреломления и материальной константой - параметром оптической анизотропии. На основе построенной теории, предложен и экспериментально верифицирован метод определения параметра оптической анизотропии по измерению астигматизма тепловой линзы в кристаллах и стекле.

Вторая глава диссертации посвящена определению зависимости параметра оптической анизотропии кубических кристаллов BaF_2 , CaF_2 и SrF_2 от длины волны излучения, температуры и концентрации ионов Tb и Yb в кристаллах Tb:CaF₂ и Yb:CaF₂. Для этого автор

экспериментально исследует термонаведенную деполяризацию излучения в рассматриваемых кристаллах. Показано, что во всех рассматриваемых материалах существуют ориентации кристаллографических осей, при которых отсутствует либо астигматизм тепловой линзы, либо термонаведенная деполяризация излучения. Также эти ориентации были определены для некоторых практически важных случаев (активные и магнитооптические элементы изолятора Фарадея).

Третья глава диссертации посвящена экспериментальному исследованию оптических, термооптических свойств и зависимости постоянной Верде от длины волны лазерного излучения и температуры рассматриваемых керамик и стекол. Используя измеренные значения постоянной Верде в керамиках и стеклах на основе редкоземельных металлов Er и Dy, предложены аппроксимации постоянной Верде для широкого диапазона длин волн и температур. Полученные результаты актуальны при создании изоляторов Фарадея, вносящих минимальные термонаведенные искажения в лазерное излучение и работающих в спектральных диапазонах, соответствующих полосам прозрачности исследованных материалов, и позволяют моделировать тепловые эффекты, возникающие в магнитооптических элементах.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Материалы диссертации опубликованы в 24 работах, 9 из которых – в статьях ведущих рецензируемых журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, и 15 – в материалах конференций.

Научная и практическая значимость работы. Результаты работы могут найти свое применение при моделировании и изготовлении активных, пассивных и магнитооптических элементов, вносящих минимальные термонаведенные искажения в лазерное излучение, и могут быть интересны широкому кругу специалистов, занимающихся практическими разработками оптических материалов и устройств лазерных систем.

По материалам диссертационной работы имеются замечания:

1) из названия диссертационной работы следует, что объектом исследования служат кубические кристаллы, однако, в работе также рассматриваются керамики и стёкла;

2) во введении диссертационной работы не обсуждаются отличия настоящей работы от ранее выполненных диссертационных работ той же научной группы: Соловьева Александра Андреевича «Особенности тепловой линзы и деполяризации в цилиндрических оптических элементах с произвольным аспектным соотношением» (2012г.), Старобора Алексея Викторовича «Термонаведенная деполяризация в лазерных оптических элементах сложной геометрии с произвольным аспектным отношением» (2015г.);

3) в разделе 1.4 «Экспериментальное исследование астигматизма тепловой линзы в кристаллах TGG, CaF₂ в ориентации [001] и магнитооптическом стекле марки МОС – 103» в

описании оборудования, используемого для проведения экспериментальных исследований, не указаны основные параметры лазерного излучения (например, плотность мощности лазерного излучения);

4) обзор литературы занимает всего 10 страниц диссертации, чего недостаточно для полноценной оценки современного состояния научных исследований по тематике диссертационной работы. Кроме того, большинство ссылок соотносятся к литературным источникам старше 5 лет;

5) при обобщении результатов исследований в Заключение диссертации автор перечисляет только полученные результаты, но не обосновывает их физический смысл и причины тех или иных наблюдаемых эффектов;

6) данные о зависимости термонаведённой деполяризации, приведённые на рисунке 38а (стр. 87), не соответствуют описанию «Как видно из графика Рис. 38(а) термонаведенная деполяризация растёт с увеличением концентрации допанта». По приведённым на графике данным при увеличении концентрации празеодима термонаведённая деполяризация уменьшается. Для легирования Церием при изменении концентрации от 1 ат. % до 1.5 ат. % термонаведённая деполяризация уменьшается, а при дальнейшем увеличении до 2 ат. % – увеличивается;

7) из описания эксперимента по измерению постоянной Верде, схема которого приведена на рисунке 34 в разделе 3.2.1., не ясно учитывалась ли каким-либо образом неоднородность в поперечном сечении зарегистрированного CCD-камерой сигнала;

8) в автореферате при описании схемы эксперимента, приведённой на рисунке 5, не указан угол между пучками нагревающего Yb: fiber лазера и зондирующего лазера;

9) текст диссертационной работы выглядит небрежно и содержит недопустимое количество орфографических, синтаксических и стилистических ошибок.

Перечислим некоторые из них:

- на стр. 5 повторно введено сокращение МОЭ (магнитооптический элемент) и ИФ (изолятор Фарадея), «в случае магнитооптических элементах изоляторов Фарадея»;

- на стр. 8 «В этих работах теоретически и экспериментально было продемонстрировано, что фокусное расстояние для излучения с радиальной и тангенциальной направлениям поляризаций различна, что проявляется в бифокуссинге прошедшего излучения»;

- на стр. 10-11 «в широкой полосе пропускания от 0.2 до 10 $\mu\text{м}$ », «в области (0.4 – 1.6) $\mu\text{м}$ »;

- на стр. 50 в выражении во втором абзаце пропущен знак «-» в показателе “2” у параметра оптической анизотропии, что следует из выражения (1.55);

- на стр. 52 «Нагрев исследуемого образца осуществлялся непрерывным излучением 300 Вт Yb: fiber лазера»;

- на стр. 74 «Рис. 30 Зависимость параметра оптической анизотропии ξ кристалла CaF₂ в зависимости от концентрации активных ионов Yb³⁺ и Tb³⁺ (1 – [75]).»;

- на стр. 77 «Глава 3. Исследование свойств перспективных магнитооптических материалов»;

- на стр. 90 «В (Таблица 5) представлены значения постоянной Верде исследованных образцов керамики».

Таблицы, рисунки и список литературы оформлены не по ГОСТу, например:

- «[1] <https://www.ligo.caltech.edu> – 9/11/20»;

- «[2] <http://www.virgo-gw.eu> – 9/11/20»;

- «Vojna D., Yasuhara R., Slezák O., Mužik J., Lucianetti A., Mocek T. / Verdet constant dispersion of CeF₃ in the visible and near-infrared spectral range // 2017. – Т. 56– С. 67104–67105».

Вышеуказанные замечания не снижают общую высокую оценку диссертации. Результаты работы обладают научной и практической ценностью, обоснованы и достоверны. Все основные результаты работы опубликованы в отечественной и зарубежной печати в профильных журналах с высоким импакт-фактором (в том числе Laser Physics Letters, Optical Materials, Journal of Non-Crystalline Solids, Optics Letters, Scripta Materialia) из перечня ВАК, докладывались на ведущих международных конференциях и знакомы специалистам, занимающимся физикой лазеров и оптическими материалами. В результатах работы виден решающий вклад автора в полученные результаты.

Работа Яковлева А.И. представляет целостное и самостоятельное исследование, выполненное по актуальной тематике на высоком научном уровне. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. При этом диссертационная работа «Влияние параметра оптической анизотропии на особенности термонаведенных эффектов в кубических кристаллах с учетом циркулярного двулучепреломления» соответствует специальности 01.04.21 «Лазерная физика», удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор А.И. Яковлев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа обсуждалась на семинаре факультета лазерной фотоники и оптоэлектроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО». Настоящий отзыв рассмотрен и принят на заседании факультета лазерной фотоники и оптоэлектроники, протокол № 13 от 02 ноября 2020 г. На заседании присутствовали 15 человек.

Декан факультета лазерной фотоники и
оптоэлектроники Университета ИТМО, д.ф.-м.н.,
профессор



Романов А.Е.

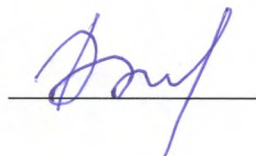
Секретарь семинара факультета лазерной
фотоники и оптоэлектроники Университета
ИТМО, к.ф.-м.н.



Колодезный Е.С.

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник лаборатории
атмосферных оптических квантовых каналов
связи и лаборатории однофотонных детекторов и
генераторов Университета ИТМО, к.ф.-м.н.



Викторов Е.А.

Сведения о составителе отзыва:

Викторов Евгений Анатольевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории атмосферных оптических квантовых каналов связи и лаборатории однофотонных детекторов и генераторов Университета ИТМО, E-mail: evviktor@gmail.com, Тел.: +7 (906) 253-12-67

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО)

Адрес: 197101 Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, лит. А

E-mail: od@mail.ifmo.ru, org@mail.ifmo.ru

Web: <https://itmo.ru>

Тел.: +7 (812) 232-97-04