

## ОТЗЫВ

научного руководителя кандидата физико-математических наук Снеткова Ильи Львовича  
на диссертационную работу 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

А.И. Яковлев начал работать в ИПФ РАН в 2014 году, будучи студентом 4 курса ННГУ им. Н.И. Лобачевского. В составе научной группы отдела 370 (впоследствии отд. 350) занимался исследованием тепловых эффектов в монокристаллических, поликристаллических и стеклянных оптических элементах, по полученным результатам защитил бакалаврскую, затем магистерскую работы и поступил в аспирантуру ИПФ РАН. Перед аспирантом А. И. Яковлевым была поставлена задача описания и анализа термонаведенных фазовых искажений, вносимых в линейно поляризованное излучение с высокой средней мощностью монокристаллическим оптическим элементом с произвольной ориентацией кристаллографических при наличии в нем циркулярного двулучепреломления (связанного с оптической активностью материала или фарадеевским вращением). Актуальность данной задачи в первую очередь связана с тем, что повышение средней и пиковой мощности лазерного излучения с сохранением качества близкого к дифракционному является одной из главных задач лазерного приборостроения. Причина этого заключается в чрезвычайно широкой области применения мощного излучения для научных задач, в промышленности и медицине. Большая мощность излучения позволяет увеличить эффективность многих производственных процессов, сокращает временные затраты, повышает эффективность различных нелинейных процессов. Однако, неизбежное поглощение лазерного излучения в оптических элементах лазерных систем приводит к возникновению в их объеме градиента температур и деформаций, и как следствие, к изменению показателя преломления среды. Это, в свою очередь, приводит к термонаведенным поляризационным и фазовым искажениям излучения при прохождении оптического элемента, величина которых растет с ростом мощности. Искажения приводят к увеличению расходимости, изменению модового состава в основной поляризационной и пространственной моде, что приводит к дополнительным потерям и ухудшению эффективности работы оптических устройств, работающих с поляризованным излучением. На сегодняшний день термонаведенная деполаризация и тепловая линза, являются одними из фундаментальных ограничивающих факторов для дальнейшего роста средней мощности современных лазерных систем при сохранении приемлемого для практических применений качества излучения.

В ходе работы над диссертацией А. И. Яковлевым были получены аналитические выражения для термонаведенных фазовых искажений, проведен анализ данных выражений и показано, что возникающие фазовые искажения астигматичны, зависят от величины циркулярного двулучепреломления, в кубических кристаллах зависят от ориентации кристаллографических осей. Решена задача о поиске ориентации, в которой астигматизм фазовых искажений минимален. Показано, что зависимость амплитуды астигматизма термонаведенных фазовых искажений от ориентации определяется параметром оптической анизотропии материала и найдены условия на значение этого параметра, при котором выбором ориентации можно избавиться от астигматизма тепловой линзы полностью. Направление этой ориентации из всех материальных параметров определяется только значением параметра оптической анизотропии и величиной циркулярного двулучепреломления. Экспериментально исследован астигматизм фазовых искажений в монокристаллических и стеклянных материалах, показано хорошее соответствие экспериментальных и теоретических данных и предложен новый способ определения параметра оптической анизотропии по измерению амплитуды астигматизма фазовых искажений. Данный материал лег в основу первой главы. Зависимость выделенных ориентаций от параметра оптической анизотропии материала и от циркулярного двулучепреломления дала старт исследованиям этих свойств в ряде материалов. Были исследованы зависимости параметра оптической анизотропии от длины волны, температуры и

концентрации легирующих примесей во фторидных материалах. А так же исследованы магнитооптические свойства и термооптические свойства ряда новых керамических и монокристаллических материалов. Данные исследования легли в основу второй и третьей глав. Полученные в ходе диссертационной работы результаты позволят производить расчет тепловых эффектов в оптических элементах мощных лазерных систем, работающих с поляризованным излучением; создавать оптические элементы, вносящие минимальные термонаведенные искажения в прошедшее излучение и тем самым позволяющие существенно повысить мощность и качество генерируемого лазерного излучения. Общность поставленной задачи позволяет производить моделирование и расчет тепловых эффектов как в магнитооптических элементах (изоляторы и вращатели фарадея), так и в пассивных и активных элементах лазеров.

За время работы А. И. Яковлев сформировался в высококвалифицированного специалиста и перспективного исследователя в области лазерной физики. Автор продемонстрировал хорошую математическую подготовку, легкость в освоении навыков экспериментальной работы, способность анализировать получаемые результаты, способность самостоятельно анализировать современную литературу по тематике исследования, настойчивость при получении и публикации полученных результатов. По результатам исследования А. И. Яковлевым опубликовано 9 статей в международных реферируемых журналах индексируемых в Scopus и Web of Science, в 6 из которых он стоит первым автором. Результаты работы представлялись А. И. Яковлевым на ведущих международных конференциях в США, Праге, России. Автором были получены результаты, не вошедшие в диссертацию, 2 статьи и 1 патент. Начиная с 2017 года, автор работает со студентами Радиофизического факультета ННГУ им. Лобачевского в рамках программы УНЭ. В период с Января по Март 2020 г. автор являлся приглашенным студентом исследователем в лаборатории по детектированию гравитационных волн LIGO – Livingston, США.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная А.И. Яковлевым диссертационная работа «Влияние параметра оптической анизотропии на особенности термонаведенных эффектов в кубических кристаллах с учетом циркулярного двулучепреломления» соответствует выбранной специальности 01.04.21 – лазерная физика, полностью удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (п. 9-14), 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.

Научный руководитель:  
с.н.с. отд. 350 ИПФ РАН,  
к.ф.-м.н.

  
(подпись)

Снетков И.Л.  
(расшифровка подписи)  
« 21 » сентября 20 20 г.

«Подпись Снеткова Ильи Львовича  
заверяю»  
Ученый секретарь ИПФ РАН

  
(подпись)



И.В. Корюкин  
(расшифровка подписи)