

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента  
о диссертационной работе **ТОЛКАЧЁВА Антона Игоревича**  
**«Оптимизация эффективности нелинейной генерации второго порядка**  
**в поверхностных слоях сферических и цилиндрических частиц»,**  
представленной на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.05 – оптика

**Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите**

Диссертационная работа А.И. Толкачёва «Оптимизация эффективности нелинейной генерации второго порядка в поверхностных слоях сферических и цилиндрических частиц» содержит принципиально новые подтверждённые расчётом результаты изучения нелинейного оптического эффекта – стимулированного полем лазерного излучения удвоения частоты в световом пучке, взаимодействующем с относительно низкоразмерными объектами, помещёнными в вязкие оптические среды. Рассмотренная тематика входит в перечень, соответствующий паспорту специальности 01.04.05 – оптика (физико-математические науки, область исследования – нелинейная оптика).

**Актуальность темы диссертации**

Выбранный соискателем объект и предмет изучения – оптический эффект преобразования характеристик светового поля в нелинейных приповерхностных слоях низкоразмерных объектов, составляющих регулярные образования в структуре вещества, обусловлен продолжающимся интересом исследователей к применению новейших разработок оптоэлектроники и фотоники в современном поиске новых научных решений в сфере диагностики свойств анизотропных оптических материалов и создания компактных устройств управления излучением. Результаты исследования могут стимулировать дальнейший прогресс в развитии методики моделирования пространственной динамики излучения в элементах устройств с нелинейным материальным откликом на воздействие электромагнитного поля, включая нетривиальную фазовую динамику поля при его взаимодействии с поверхностными слоями из метаматериалов. Поэтому тема диссертации представляется в должной мере актуальной.

**Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту.**

Главной составляющей исследования выступает расчётно-теоретический анализ динамического распределения по интенсивности и направлению составляющих рассеянного пучка, соответствующего электромагнитному полю удвоенной частоты, сформированному вследствие взаимодействия возбуждающего излучения с частицами во внутренней структуре среды. В рассматриваемой модели предполагалась сферическая или цилиндрическая форма этих частиц и наличие нелинейного материального отклика в их приповерхностных слоях.

электромагнитных волн. Понимание динамики радиационного влияния электромагнитного волнового поля на нано- или микрочастицы при разработке элементов соответствующих устройств оптоэлектроники даёт возможность обоснованно подойти к решению проблем локализации преобразованного светового пуска в заданном направлении или управления его перемещением при сканировании.

В диссертационной работе усовершенствована методика количественной оценки преобразования и закономерностей распространения световых волн с частотами, удвоенными в результате взаимодействия со структурными элементами среды. Сискателем предложен и апробирован ряд оригинальных моделей и подходов к решению задач управления этими волнами, что может быть использовано специалистами по разработке реальных устройств.

Практическое значение результатов можно характеризовать тем, что с их учётом получает развитие теоретическая основа совершенствования лазерных технологий, предназначенных для диагностики свойств коллоидных растворов, применяемых в химии, биологии или фармацевтике. Полученные результаты использованы при модернизации ряда курсов по специальным дисциплинам для студентов факультета физики и информационных технологий Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины, чем также может быть обоснована социальная значимость диссертации.

Обоснованный подход к созданию и модернизации устройств управления фазово-изменёнными световыми потоками, обуславливает возможность избежать этапов предварительного макетирования, иногда довольно дорогостоящих. В этом – признаки экономической значимости результатов диссертации А.И. Толкачёва.

### **Опубликованность результатов диссертации в научной печати**

По результатам диссертационной работы опубликованы 8 статей в научных журналах из списка ВАК Республики Беларусь, 17 статей и 6 тезисов докладов в материалах конференций международного уровня и сборниках тезисов по тематике исследования. В приложение к диссертации, подтверждающее значение результатов в системе высшего образования, включены акты об их внедрении в учебный процесс Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. Опубликованность результатов в периодической научной печати достаточно высока и соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

### **Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Оформление работы соответствует требованиям, установленным ВАК Республики Беларусь. Обзор и анализ литературных источников в должной мере полон и делает ясной целесообразность постановки задач диссертационного исследования. В автореферате верно отражена специфика, значение и оригинальность работы.

Нелинейное преобразование возбуждающего электромагнитного поля в выраженно анизотропной системе, образованной этими объектами, представляется возможным, неочевидным и значимым оптическим эффектом, требующим особого исследования. Оценка действенности механизмов, определяющих распределение компонентов пучка с фазовым преобразованием, в зависимости от формы и ориентации микро- и наночастиц, составляющих анизотропный ансамбль, оригинальна и представляет обоснование целенаправленного поиска методов оптимизации управления световыми пучками удвоенной частоты с требуемыми параметрами поляризации волн.

Изучение характеристик возникающих пучков удвоенной частоты проведено с высокой степенью детализации применительно к объектам с различными типами анизотропии и хиральными качествами, при различной поляризации возбуждающих электромагнитных волн. Этим соискатель обеспечил возможность предложить новые практически реализуемые экспериментальные схемы с применением нескольких синхронизированных возбуждающих источников когерентного излучения в целях реализации и регистрации эффекта радикального фазового преобразования волнового поля. В этом – также подтверждение оригинальности и практической универсальности результатов представленного исследования.

В формулировке новизны результатов и защищаемых положениях точно и достаточно полно отражены оригинальность и высокий уровень диссертации. Особая важность работы в том, что её результатами детально характеризован наблюдаемый в устройствах и элементах лазерной физики нелинейный эффект удвоения частоты излучения в специфике его проявления в средах с выраженной оптической анизотропией.

### **Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Соискателем использован широкий арсенал расчётных методик высокого уровня в рамках надёжно обоснованных теоретических моделей и их оригинальных модификаций, сделанных соискателем или при его участии, включая аналитический расчёт с формулировкой количественных соотношений и компьютерное моделирование. Основательной опорой для подтверждения достоверности результатов исследования являются приведенные в изложении цитированные из литературы экспериментальные данные. Их наличие и соответствие результатам расчётов – серьёзный довод в пользу достоверности и обоснованности полученных заключений и рекомендаций. Результаты исследования и сделанные на их основе выводы физически непротиворечивы.

### **Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию**

Научная значимость полученных А.И. Толкачёвым результатов определена тем, что на их основе достигнуто понимание пространственной динамики процессов, приводящих к развитию эффекта удвоения частоты. В ходе диссертационной работы установлены оптимумы интенсивности и направлений (ориентации директрис) преобразуемых в анизотропных средах

## **Замечания**

Эксперт, тем не менее, должен отметить следующее:

1. В названии диссертации «Оптимизация эффективности нелинейной генерации второго порядка в поверхностных слоях сферических и цилиндрических частиц» использовано словосочетание жаргонного толка «нелинейная генерация второго порядка», не вполне выражающее физическую сущность эффекта – по мнению эксперта, требовалось бы написать «генерация второй гармоники (в излучении)» (как в статьях по теме работы, включая и работы соискателя).

2. По мнению эксперта, эффект «суммарной частоты», который рассматривается в работе, некоторым образом, как самостоятельное явление, сопровождающее эффект удвоения частоты, явно тождественен этому эффекту, так как «суммируются» и стимулируют нелинейный отклик формирующих среду нано- и микрообъектов волны одинаковой частоты, переносимые в разных пучках возбуждающего излучения.

3. Не представляется корректной характеристика продольного размера элементов структуры образцов среды, в которых может происходить удвоение частоты – «длинные цилиндрические частицы, покрытые оптически нелинейным веществом» (стр. 9 диссертации, и далее, например, на стр. 75) или «цилиндрический слой большой высоты» (стр. 52 или стр. 63). Есть, однако, указание на то, что поперечный размер таких частиц значительно меньше длины волны. Следовало определить, что длину или «высоту» частиц надо некоторым образом сравнивать с этим «поперечником» или с длиной волны.

4. В тексте и положениях диссертации в отрыве от реальной сущности объектов, представляющих элементы среды, часто используется понятие сферического или цилиндрического нелинейного слоя, для которых рассчитывается явление. Эффект и его возможные проявления в условиях анизотропии оцениваются для частиц, помещённых в определённую дисперсную среду, которые имеют указанную форму и несут на себе приповерхностный активный слой.

5. В таблице 2.2 (диаграммы направленности излучения второй гармоники...) на стр. 46 диссертации не приведены единицы измерения углов  $\theta_{\max}$  и  $\Phi_{\max}$ .

Отмеченные выше недостатки, обнаруженные в диссертации, по мнению эксперта, носят характер именно неточностей и неказываются на высокой оценке работы, произведенной соискателем, и полученных им результатов.

## **Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует**

Основываясь на результатах экспертизы диссертационной работы и автореферата, а также анализа содержания основных публикаций соискателя, следует признать, что диссертация «Оптимизация эффективности нелинейной генерации второго порядка в поверхностных слоях сферических и цилиндрических частиц» соответствует п. 20 «Положения о присуждении

учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь». Научная квалификация её автора Толкачёва Антона Игоревича соответствует учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

### Заключение

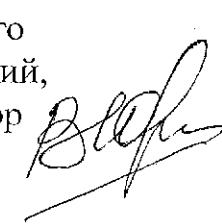
Диссертационная работа «Оптимизация эффективности нелинейной генерации второго порядка в поверхностных слоях сферических и цилиндрических частиц» соответствует п. 20 «Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь». В совокупности результаты, полученные в диссертации, представляют существенный вклад в современное направление физической оптики: нелинейную динамику низкоразмерных объектов, образующих структуру анизотропных сред, при взаимодействии с оптическим излучением.

Соискатель Толкачёв Антон Игоревич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика за следующее:

- расчётно-теоретическая характеристика нелинейного эффекта удвоения частоты излучения, который развивается в условиях оптической анизотропии;
- определение оптимальных условий наблюдения эффекта удвоения частоты в неоднородных анизотропных оптических материалах со спецификой коллоидных растворов, образованных сферическими и цилиндрическими частицами с покрытием из нелинейного вещества, при возбуждении световыми электромагнитными волнами различной поляризации;
- теоретическая разработка перспективных экспериментальных схем наблюдения и регистрации эффекта удвоения частоты светового электромагнитного поля с использованием для возбуждения эффекта световых пучков, порождаемых двумя или несколькими источниками когерентного излучения.

Официальный оппонент

профессор кафедры техносферной безопасности  
и общей физики Белорусского государственного  
университета пищевых и химических технологий,  
доктор физико-математических наук, профессор

  
В.А. Юревич

