

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юдина Николая Николаевича «Оптический пробой монокристалла  $ZnGeP_2$  и генерация ИК, ТГц излучения при воздействии импульсным лазерным излучением с длиной волны  $\sim 2,1$  мкм», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Исследование и открытие новых свойств полупроводниковых материалов и кристаллов позволяет расширять возможности существующей и осуществлять выпуск перспективной лазерной техники обладающих увеличенными энергетическими характеристиками. Известные мощные параметрические генераторы света, созданные на основе монокристаллов  $ZnGeP_2$  используют для накачки лазерное излучения с длиной волны  $\sim 2,1$  мкм. Однако дальнейшее повышение частотно-энергетических характеристик генерируемого излучения в параметрическом генераторе света может привести к оптическому пробую монокристалла  $ZnGeP_2$ . Поэтому возникает необходимость в установлении физической природы и механизмов оптического пробоя монокристаллов  $ZnGeP_2$ . Кроме этого кристалл  $ZnGeP_2$  является одним из наиболее оптимальных нелинейно-оптических материалов по своим характеристикам и эффективности для генерации ТГц излучения, которое применяется в устройствах безопасности. Таким образом тема работы Н.Н. Юдина, посвященная процессам определения физических механизмов, приводящих к оптическому пробую монокристалла  $ZnGeP_2$  и получения генерации ТГц излучения на разностной частоте, является **актуальной и практически значимой**.

К наиболее важным научным **результатам, полученным впервые** в диссертационной работе, можно отнести следующие:

- 1) Показано, что оптический пробой монокристалла  $ZnGeP_2$  осуществляется за счет термических эффектов. Повышение температуры в канале распространения лазерного излучения приводит к плавлению материала и формированию трека оптического пробоя. В процессе закалки, наблюдается диффузия свободных носителей заряда в перпендикулярном к лазерному лучу направлении, являющаяся инициатором люминесценции, за счет рекомбинации неравновесных носителей заряда.
- 2) Установлено, что облучение монокристалла  $ZnGeP_2$ , с энергетикой большей порога пробоя кристалла, приводит к формированию упругих деформаций кристалла в процессе формирования трека пробоя в продольном направлении за счет термического расширения материала в области пробойного трека, обусловленного увеличением температуры вдоль лазерного луча до значений, превышавших температуру плавления кристалла;
- 3) установлен режим накачки параметрического генератора света на основе монокристалла  $ZnGeP_2$  излучением  $Ho:YAG$  лазера, позволяющий нивелировать эффекты накопления в кристалле  $ZnGeP_2$

инициализирующие оптический пробой, проведенные работы позволили увеличить время непрерывной работы параметрического генератора с 3-10 с до 10 минут.

- 4) При накачке когерентным двухчастотным излучением в диапазоне длин волн от 1,9 до 2,4 мкм в монокристалле  $ZnGeP_2$  получено ТГц излучение; реализована перестройка ТГц-излучения в диапазоне длин волн  $\sim 120-270$  мкм.

**Практическая значимость** работы связана с тем, что проведенные исследования позволили повысить порог оптического пробоя нелинейных кристаллов  $ZnGeP_2$ , добиться возможности генерации ТГц излучения в монокристалле  $ZnGeP_2$  с накачкой на разностной частоте в спектральной области наименьшего поглощения, а так же разработать и внедрить на производстве ООО «ЛЮК» методику неразрушающего контроля кристаллов  $ZnGeP_2$  с использованием метода цифровой голографии, позволяющую определять характерные размеры и местоположение дефектов в кристалле произвольной толщины.

Отмеченные основные результаты убеждают в своей **новизне** и подтверждают, что они являются перспективными для практического использования. Высокий научный уровень выполненных исследований, системный и комплексный подход к проблемам, сопоставительный анализ результатов измерений с данными, полученными другими методами, убеждают в надежности и **достоверности** представленных результатов.

Результаты научных исследований Н.Н. Юдина хорошо известны широкому кругу исследователей, занимающихся созданием мощных терагерцевых источников и оптикой кристаллов, а также голографическими и компьютерно-оптическими проблемами в области создания технических средств диагностики и контроля. Полученные им научные и экспериментальные результаты могут послужить физической основой для совершенствования существующих и разработки новых систем и приборов.

Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в научных публикациях автора.

Автореферат содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, и в целом позволяет судить о содержании и результатах диссертационной работы. Автореферат отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Не приводятся технические данные оптико-электронной системы цифровой голографии, используемой для восстановления изображений дефектов и регистрации оптического пробоя в структуре кристалла  $ZnGeP_2$ ;
2. При описании технологии измерения динамических процессов внутри кристалла методом цифровой голографии не указываются численные значения мощности излучения на длине волны 1,064 мкм при помощи которого осуществлялась запись последовательности цифровых голограмм.

3. Имеются стилистические и грамматические погрешности.

Высказанные замечания не меняют высокой оценки работы, и ответы на них, в той или иной степени имеются в тексте самой диссертации.

В целом, судя по автореферату и по публикациям автора, диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Юдин Николай Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Доцент 91 кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Контактная информация:

Адрес: 394002, Россия, Воронеж,

ул. Урывского 13, кв.21.

Тел. 89102876023

e-mail: [pavlov.pave@yandex.ru](mailto:pavlov.pave@yandex.ru)

кандидат технических наук

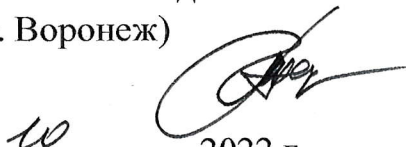


Павлов П.В.

« 19 » 10 2022 г.

Подпись доцента 91 кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), кандидата технических наук Павлова Павла Владимировича заверяю.

Врид начальника отдела кадров Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)



Тарлыков Р.Н.

20 2022 г.