

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Бойко Андрея Александровича
«Исследование двухкаскадных параметрических преобразователей лазерного излучения в диапазон от 6 до 18 мкм»
по специальности 01.04.05 «Оптика» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

1. Актуальность темы диссертации

определяется требованием к лазерным источникам непрерывной перестройки длины волны излучения практически во всём среднем ИК-диапазоне. Однако возможность создания импульсных лазеров, излучающих в широкой области среднего ИК-диапазона спектра, сильно ограничена. Длинноволновый край диапазона излучения твердотельных лазеров достигает ~ 3 мкм, поэтому основным подходом к охвату среднего ИК-диапазона является параметрическое преобразование с использованием нелинейных кристаллов. Актуальность темы исследования лазеров, предлагаемая в работе Бойко Андрея Александровича, не вызывает сомнений.

2. Новизна результатов

Научная новизна работы определяется тем, что в ней:

- Предложен и реализован двухкаскадный параметрический генератор света (ПГС) с внутриврезонаторной накачкой, где в качестве нелинейного элемента первого каскада выступает периодически поляризованная структура кристалла калий титанил фосфата, легированного ионами рубидия $Rb:KTiOPO_4$.
- Впервые получена перестройка длины волны в диапазоне от 5,8 до 18 мкм за счёт реализации первого и второго типов взаимодействий в кристаллах AGSE второго каскада ПГС.
- Для увеличения эффективности преобразования энергии накачки в энергию вторичной холостой волны, был предложен и реализован подход генерации разностной частоты (ГРЧ) с использованием сигнальной и холостой волн от первого каскада ПГС, для накачки нелинейных кристаллов второго каскада ГРЧ, не имеющих фазового синхронизма на длине волны внешней накачки.

3. Практическая значимость диссертации определяется тем, что

- Параметрические генераторы для получения когерентного излучения в средней ИК-области спектра могут быть реализованы на основе двухкаскадной схемы, что понижает критерии лучевой стойкости используемых кристаллов.
- Оптическая схема ГРЧ излучения сигнальной и холостой волны ПГС первого каскада позволяет увеличить эффективность преобразования энергии накачки в энергию вторичной холостой волны.
- Получена перестройка длины волны излучения от 5,8 до 18 мкм в двухкаскадной схеме ПГС.

4. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырёх глав, заключения, списка публикаций автора по теме диссертации, списка сокращений и условных обозначений и списка цитируемой литературы. Диссертация изложена на 125 страницах текста, содержит 61 рисунок и 1 таблицу. Список цитируемой литературы содержит 109 наименований.

Введение посвящено анализу работ по предлагаемой теме и описанию области исследований. На основании этого обзора сформулированы цели и задачи работы, и защищаемые положения. В этой части диссертации определяется актуальность и практическая значимость работы, приводятся защищаемые положения, информация о публикациях по теме диссертации и список конференций, на которых представлялись результаты исследований по теме диссертации.

Первая глава диссертации посвящена описанию основных принципов нелинейной оптики. Рассматриваются процессы ПГС, условия фазового согласования и нелинейные кристаллы для среднего ИК-диапазона. Приводится сравнение оптических кристаллов разных типов, в том числе приведена обобщающая сравнительная таблица. Также автором сделан обзор литературы по тематике ПГС, основной акцент сделан на двухкаскадных схемах ПГС.

Во второй главе описаны исследования двухкаскадной ПГС системы с внутриврезонаторной накачкой на основе кристаллов Rb:PPKTP и AGSE. Представлена оптическая схема двухкаскадного ПГС, кривые синхронизма кристалла PPKTP, исследование его оптической однородности. Вначале рассмотрен вариант двухкаскадной схемы, когда второй каскад основан на кристалле AGSE с первым типом взаимодействия. Затем приводятся результаты исследований в аналогичной схеме, но с кристаллом AGSE со вторым типом взаимодействия.

Показано, что использование второго типа взаимодействия в кристалле AGSE для второго каскада ПГС значительно расширяет диапазон перестройки вторичной холостой волны от 8 до 18 мкм по сравнению с кристаллом с первым типом взаимодействия (5.8-8.3 мкм) и

значительно превышает типичные диапазоны перестройки для подобной конфигурации источника.

Третья глава посвящена описанию исследований по генерации разностной частоты в средней ИК области спектра в кристалле AGSE. Этот метод рассматривается в качестве одного из наиболее перспективных способов создания источников среднего ИК диапазона. В третьей главе приводятся основные выходные характеристики ГРЧ. Схема ГРЧ с внутриврезонаторной накачкой позволяет добиться двукратного увеличения эффективности преобразования по сравнению с лучшими результатами работ других авторов для внерезонаторной схемы.

Четвёртая глава посвящена описанию исследований по генерации разностной частоты в средней ИК области спектра в кристалле BGSE. Автором сравнивается два кристалла: BGSE и AGSE. При сравнении выявляются преимущества BGSE, такие как:

- возможность применения более коротких длин волн, например, этот кристалл возможно накачивать при длине волны 1,064 мкм без двухфотонного поглощения;

- большая ширина запрещенной зоны, что обычно приводит к более высокому порогу повреждения. При аналогичных параметрах излучения накачки, таких как длительность импульса и частота повторения, порог разрушения для кристалла AGSE меньше на порядок.

Однако кристалл BGSE обладает меньшей нелинейностью.

Проведены измерения выходных параметров ГРЧ с BGSE, представлена перестроечная кривая в диапазоне 7-8,5 мкм. Замена кристалла AGSE на кристалл BGSE в качестве нелинейного элемента второго каскада при одинаковых условиях накачки не приводит к уменьшению энергии разностной частоты, несмотря на то, что кристалл BGSE обладает меньшей нелинейностью.

Таким образом, можно выделить следующие **наиболее значимые результаты работы:**

1. Разработан и исследован двухкаскадный ПГЧ на основе тандема кристаллов Rb:PPKTP с РДС и объёмных кристаллов AGSE и BGSE с внутриврезонаторной накачкой. Преимуществом данного подхода является возможность преобразования частоты излучения накачки с длиной волны порядка одного микрометра.

2. Получена генерация вторичной холостой волны в диапазоне от 5,8 до 8,3 мкм в схеме с внутриврезонаторной накачкой, второй каскад которой реализован на кристалле AGSE для первого типа взаимодействия.

3. Получена непрерывная перестройка вторичной холостой волны в диапазоне от 8 до 18 мкм в двухкаскадном ПГС с внутриврезонаторной накачкой на основе кристалла AGSE для второго типа взаимодействия.

4. Создана схема ГРЧ на основе нелинейного кристалла AGSE с внутриврезонаторной накачкой от двухрезонаторного ПГС.

5. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа представляет целостное исследование. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации А.А. Бойко, являются обоснованными. Достоверность выводов и рекомендаций обсуждается автором в тексте диссертации, подтверждается их сравнением с известными из литературы теоретическими и экспериментальными результатами. Новизна научных положений, сформулированных автором, не вызывает сомнений.

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертации изложены в 9 публикациях, в том числе 3 статьи в научных журналах, которые включены в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций. В публикациях достаточно полно отражены главные результаты диссертации.

7. Автореферат

Автореферат полностью соответствует диссертации и опубликованным по ней работам.

Однако стоит отметить, что в автореферате недостаточно пояснена практическая значимость работы, не приведены потенциальные применения исследуемых источников. Кроме того, в тексте автореферата основные результаты не выделены явно, очень много выводов, не дающих возможности оценить, что автор считает наиболее значимым.

При этом в тексте диссертации указанные замечания отсутствуют.

8. Замечания по работе

По работе и тексту диссертации можно сделать следующие замечания:

- некоторые рисунки не имеют описания по тексту, *например, стр.101 рис.55;*

- в диссертации (раздел 2.2.3 рис.47, раздел 3.3 рис.54) приводятся результаты измерений диаметра пучка для оценки параметра M^2 , а также пространственные профили, однако в тексте не проводится оценка полученных результатов и сравнение с другими источниками. Что можно сказать о полученном значении M^2 ПГС и ГРЧ? Насколько важен измеренный параметр для конкретных предполагаемых применений? На

сколько полученное качество пучка хуже или лучше, чем у имеющихся систем?

- по тексту присутствуют в большом количестве опечатки и пунктуационные ошибки, что скорее всего указывает на спешку автора при подготовке текста диссертации.

Тем не менее, указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертация А.А. Бойко является законченным исследованием. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, хорошо обоснованы, обладают научной новизной. Полученные результаты имеют как научную, так и практическую ценность. Сочетание научной новизны, достоверности результатов и практической значимости позволяет заключить, что диссертация А.А. Бойко представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает критериям, установленным в п. 9-11, 13-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Бойко Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика».

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь, научный сотрудник
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института автоматики и электрометрии
СО РАН (ИАиЭ СО РАН)



Е.И. Донцова

ФИО: Донцова Екатерина Игоревна
Почтовый адрес:
630090, Новосибирск, пр. Академика
Коптюга, 1
Рабочий телефон: +7(383) 330 80 33
E-mail: ekaterina.dontso@mail.ru



Подпись Е.И. Донцовой заверяю:
Зав. отделом кадров ИАиЭ СО РАН

Н.В. Кудрявцева