

## Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу Киняевского Игоря Олеговича «Генерация второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения лазера на окиси углерода в кристаллах  $ZnGeP_2$  и  $GaSe$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Лазерные источники среднего инфракрасного (ИК) играют важную роль для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач. Лазерные источники на окиси углерода позволяют достичь высокой энергии и спектральной яркости излучения среднего ИК-диапазона и являются мощным инструментом газового анализа и фотохимии. Нелинейно-оптические процессы генерации гармоник, а также суммарной и разностной частоты позволяют существенно расширить область приложения таких лазеров. В диссертации И.О. Киняевского рассматриваются важные вопросы, связанные с реализацией таких процессов преобразования частоты для излучения СО-лазера.

В проведенных ранее работах эффективность преобразования частоты излучения СО-лазера в нелинейных кристаллах не превышала нескольких процентов. Благодаря выполненным в диссертации исследованиям этот удалось значительно повысить эффективность преобразования частоты. Таким образом, тема диссертации И.О. Киняевского безусловно актуальна.

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение и список литературы, изложенные на 130 страницах.

Во введении представлены: актуальность темы исследований, цель работы, научная новизна, научная и практическая ценность работы, отмечены достоверность результатов и личный вклад соискателя. Также во введении представлены выносимые на защиту положения, сведения об апробации работы и публикациях, а также описана структура диссертации.

В первой главе представлен обзор работ, показывающих достижения в развитии СО-лазера, подробно рассматриваются импульсные СО-лазерные системы с высокой мощностью излучения. Проведен обзор работ по газовому анализу и лазерной химии с применением СО-лазера и рассматривается перспектива использования излучения СО-лазера, преобразованного в нелинейных кристаллах. Также проведен обзор и анализ нелинейных кристаллов, подходящих для преобразования частоты излучения СО-лазера, на основе которого выбраны кристаллы для представленных в диссертации исследований.

Во второй главе представлен комплекс теоретических исследований фазового синхронизма. Проводятся расчёт и анализ углов, спектральной и угловой ширины фазового синхронизма для генерации второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения СО-лазера в кристаллах  $ZnGeP_2$  и  $GaSe$ . На основе данных расчётов во второй главе предложена схема двухкаскадного преобразования частоты.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования генерации второй гармоники, суммарных и разностных частот излучения СО-лазера низкого давления с модуляцией добротности резонатора. Осуществлена широкополосная генерация второй гармоники и суммарных частот в нелинейных кристаллах  $ZnGeP_2$  и  $GaSe$ . Экспериментально продемонстрировано широкополосное двухкаскадное преобразование частоты в кристалле  $ZnGeP_2$ , которое позволило получить одновременно ~670 спектральных линий в интервале длин волн от 2.5 мкм до 8.3 мкм.

Четвертая глава посвящена исследованию преобразования частоты мощных наносекундных импульсов СО-лазера в нелинейных кристаллах  $ZnGeP_2$  и  $GaSe$ . Значительная часть главы касается разработки и исследования наносекундной СО-лазерной системы задающий генератор – лазерный усилитель. Проводится подробное исследование усиления наносекундных импульсов излучения в СО-лазерном усилителе, определена интенсивность насыщения усиления. Подбор режима работы СО-лазерной системы, оптимального для преобразования частоты, позволил получить генерацию второй гармоники с эффективностью 37% в кристалле  $ZnGeP_2$  и 5% в кристалле  $GaSe$ . Также, в четвертой главе осуществлено селективное двухкаскадное преобразование частоты (генерация второй гармоники и разностной частоты) излучения мощной наносекундной СО-лазерной системы, работающей в режиме синхронной генерации на двух спектральных линиях.

После всех глав приводится заключение, в котором сформулированы и обсуждаются наиболее важные результаты диссертационной работы, соответствующие цели и задачам работы. Полученные результаты являются оригинальными и представляют значительный интерес с научной и практической точки зрения. Положения, выносимые на защиту, являются обоснованными. Достоверность результатов не вызывает сомнений и подтверждается высоким научно-техническим уровнем проведенных экспериментов, а также сравнительным анализом с результатами работ других авторов.

В диссертационной работе имеются следующие недостатки:

1. Вызывает много вопросов представление результатов экспериментов, посвященных исследованию зависимости эффективности генерации второй гармоники от энергии излучения накачки. Приведенные на рис. 4.33 и 4.34 экспериментальные точки характеризуются значительным разбросом и во многих

