

УДК 621.373.8

DOI: 10.17223/00213411/62/12/197

Н.Н. ЮДИН<sup>1,2</sup>, С.Н. ПОДЗЫВАЛОВ<sup>2</sup>, М.М. ЗИНОВЬЕВ<sup>1,2</sup>

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ НЕЛИНЕЙНОГО КРИСТАЛЛА $\text{ZnGeP}_2$ ДЛЯ ЛИДАРНЫХ СИСТЕМ И ДИСТАНЦИОННОГО ГАЗОАНАЛИЗА \*

**Ключевые слова:** параметрическая генерация излучения,  $\text{ZnGeP}_2$ , нелинейные кристаллы, излучение среднего ИК-диапазона.

Одной из важнейших задач для источников среднего ИК-диапазона является мониторинг экологической обстановки вблизи магистральных газопроводов с целью предотвращения утечек газа из трубопровода. Максимальное сечение взаимодействия излучения с компонентами атмосферы из всех спектроскопических эффектов наблюдается при резонансном поглощении. Это, в свою очередь, определяет высокую чувствительность метода дифференциального поглощения (МДП), использующего данное явление, а также перспективы применения в лидарной технике [1].

Основным компонентом природного газа  $\sim 70\text{--}80\%$  [2] является метан, полосы поглощения которого в среднем ИК-диапазоне попадают в окно прозрачности атмосферы [3], поэтому для дистанционного определения утечки газа используются линии поглощения именно метана. В [3, 4] показано, что линии поглощения, лежащие в области 3 мкм и попадающие в окно прозрачности атмосферы, наиболее перспективны для систем бортового мониторинга. Разработка компактного и мобильного твердотельного источника узкополосного излучения в полосе поглощения метана ( $\sim 3$  мкм) с достаточными энергетическими характеристиками для создания лидарных систем бортового базирования с высотой зондирования  $\sim 1$  км остается актуальной задачей. Одним из наиболее перспективных путей решения данной задачи представляется создание генератора когерентного излучения на основе параметрического преобразования частоты в нелинейно-оптических кристаллах.

Цель настоящей работы – определение энергетических характеристик излучения параметрического генератора (ПГ) на базе нелинейного кристалла  $\text{ZnGeP}_2$  в спектральном диапазоне 3–5 мкм при накачке излучением Ho:YAG-лазера.

## Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Экспериментальная установка, на которой выполнялись исследования, идентична установке, использованной в [5]. В качестве источника накачки ПГ на базе монокристалла  $\text{ZnGeP}_2$  применялся импульсно-периодический Ho:YAG-лазер с длиной волны генерируемого излучения 2.096 мкм, накачка которого осуществлялась излучением волоконного Tm:YLF-лазера ( $\lambda = 1.908$  мкм). Энергетические характеристики Ho:YAG-лазера: максимальная средняя мощность излучения в импульсном режиме – 15 Вт, частота следования импульсов – 10 кГц, длительность импульсов по полувысоте – 25 нс. Резонатор параметрического генератора образован зеркалом с пропусканием  $\sim 99\%$  на длине волны излучения накачки и отражением  $\sim 99\%$  на длине волны генерируемого излучения и зеркалом, которое имеет просветляющее покрытие с пропусканием  $\sim 99\%$  на длине волны накачки и светоделительное покрытие с 50 %-м отражением на длине волны генерации, что позволяет реализовать однопроходную накачку. В резонатор помещался монокристалл  $\text{ZnGeP}_2$ , имеющий размеры  $5 \times 6 \times 20$  мм, вырезанный под углом фазового синхронизма  $54.5^\circ$  к оптической оси и с нанесенными на рабочие торцы просветляющими покрытиями на длине волны  $\sim 2.096$  мкм и в полосе  $\sim 3\text{--}4.8$  мкм. В ходе экспериментальных исследований были проведены измерения средней мощности излучения накачки  $P_n$  с длиной волны 2.096 мкм, средней мощности излучения накачки  $P_{\text{вых}}$ , вышедшей из резонатора ПГ (не поглощенной в кристалле  $\text{ZnGeP}_2$ ) и суммарной мощности  $P_{\text{сум}}$  излучения на выходе из резонатора ПГ, что позволило определить среднюю мощность параметрически генерируемого  $P_{\text{ПГ}}$  излучения ( $P_{\text{ПГ}} = P_{\text{сум}} - P_{\text{вых}}$ ) в диапазоне  $\lambda \sim 3\text{--}4.8$  мкм.

Основные экспериментальные результаты представлены на рис. 1. На основе полученных данных были рассчитаны КПД генерации параметрической волны от полной  $\left( \frac{P_{\text{ПГ}}}{P_n} 100\% \right)$  и поглощенной  $\left( \frac{P_{\text{ПГ}}}{P_{2.096}} 100\% \right)$  мощностей накачки (рис. 2). Максимальное значение средней мощности излучения ПГ, достигнутое в эксперименте, составило  $\sim 1.53$  Вт, а КПД  $\sim 27.8\%$  при средней мощности излучения накачки  $\sim 5.5$  Вт и плот-

\* Исследование выполнено в рамках госзадания Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 8.2712.2017/4.6).