

## Регистрация фононных мод кристалла $ZnGeP_2$ с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния\*

А.И. Князькова<sup>1</sup>, М.С. Снегерева<sup>2</sup>, Д.А. Вражнов<sup>1</sup>, Г.К. Распопин<sup>1</sup>, Ю.В. Кистенев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

С помощью поляризационно-чувствительной спектроскопии комбинационного рассеяния изучены тетрагональные кристаллы  $ZnGeP_2$  с кристаллографическими направлениями [100] и [001]. Представлены графики интенсивностей комбинационного рассеяния кристалла для соответствующих мод в полярных координатах. Получены фононные частоты в центре зоны Бриллюэна, установлено, что экспериментальные результаты хорошо согласуются с представленными в литературных источниках теоретическими данными.

**Ключевые слова:**  $ZnGeP_2$ , комбинационное рассеяние света, ориентация кристаллов, поляризация, фононные моды.

### Введение

Параметрическая генерация света с использованием нелинейно-оптических кристаллов в среднем ИК-диапазоне актуальна при создании систем дистанционного газового анализа и мониторинга атмосферы [1, 2]. Зависящие от ориентации и поляризации анизотропные электрические и оптические свойства кристалла  $ZnGeP_2$  делают его наиболее эффективным кристаллом для параметрического преобразования частоты излучения [3, 4].

Кристаллы тернарного халькопирита  $ZnGeP_2$  широко применяются в устройствах, функционирующих на принципах нелинейной оптики, например, оптических параметрических генераторов в ближней инфракрасной области, генераторах второй, третьей и четвертой гармоники в  $CO_2$ -лазерах [5, 6]. Кроме того,  $ZnGeP_2$  обладают свойствами положительного двулучепреломления и исключительной прозрачностью в ближнем и среднем ИК-диапазонах (0.75–12 мкм). Благодаря большой нелинейной оптической восприимчивости, оптической анизотропии и высокой теплопроводности (0.35 Вт/(см·К)) высокий порог повреждения лазером (2–5 Дж/см<sup>2</sup>) делает  $ZnGeP_2$  уникальным материалом для преобразования частоты генерации ИК-лазеров высокой мощности с перестройкой.

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) позволяет исследовать свойства кристаллов на основе детектирования оптических фононных мод – согласованных колебательных движений атомов кристаллической решетки, определяемых симметрией пространственной группы кристалла. Изучение фононного спектра в спектроскопии комбинационного рассеяния света является одним из наиболее чувствительных методов исследования структурных фазовых переходов в кристаллах. Правила отбора Лаудона позволяют найти активные колебательные моды при комбинационном рассеянии с учетом электронной поляризуемости [7]. Исследование поляризуемости при изменении пространственной ориентации кристалла дает возможность найти направление осей в нем, что может быть использовано для ориентационной резки кристаллов  $ZnGeP_2$ , выращенных с использованием вертикального варианта метода Бриджмена и градиентного замораживания [8]. Исследование поляризации кристаллов при помощи спектроскопии комбинационного рассеяния также позволяет обнаружить дефекты в кристаллах [9–11].

В данной работе представлены результаты регистрации фононных мод кристалла  $ZnGeP_2$  на КР-спектрометре InVia Renishaw.

### Материалы и методы

Для исследования использовались два образца тетрагонального кристалла  $ZnGeP_2$ , которые были вырезаны из монокристаллической булы  $ZnGeP_2$  (производство ООО «ЛОК», Томск) параллельно оптической плоскости [100] и [001]. Монокристаллическая буля  $ZnGeP_2$  была выращена методом Бриджмена в вертикальном направлении на ориентированную затравку; рост осуществ-

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ИОА СО РАН.