

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА  
С НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИМИ КРИСТАЛЛАМИ  $\text{ZnGeP}_2$

С.В. Чучупал<sup>1</sup>, Е.С. Жукова<sup>1,2</sup>, О.Е. Породинков<sup>1</sup>,  
Г.А. Командин<sup>1</sup>, Ю.А. Шакир<sup>1</sup>, А.И. Грибенюков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное учреждение науки Институт общей физики  
имени А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный, Россия

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга  
климатических и экологических систем СО Российской академии наук, Томск, Россия

MirrorMan@yandex.ru

Нелинейно-оптические кристаллы  $\text{ZnGeP}_2$  могут использоваться для преобразования лазерного излучения среднего ИК-диапазона (5 или 10 мкм) в излучение субмиллиметровой (СБММ) области спектра при генерации разностной частоты. Эффективность нелинейного преобразования излучения напрямую определяется механизмом поглощения в СБММ-диапазоне. В работе [1] было высказано предположение о влиянии статической проводимости на формирование потерь в СБММ-диапазоне. Цель нашей работы заключается в подробном изучении механизмов поглощения терагерцового излучения в монокристалле  $\text{ZnGeP}_2$  в широком температурном интервале (6–300 К).

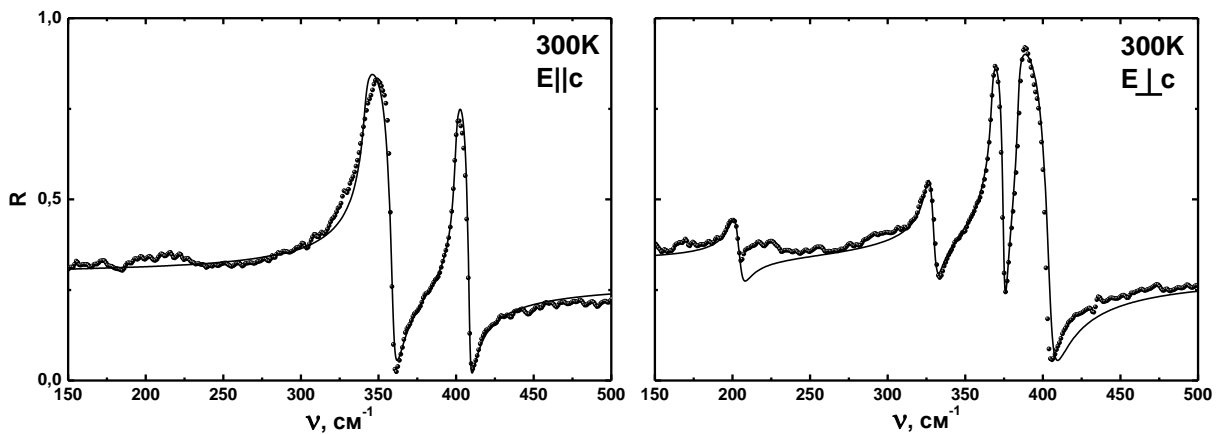


Рис. 1. Спектры отражения ( $R$ ) образца  $\text{ZnGeP}_2$  (эксперимент — точки, модель — линии), полученные для ориентации вектора электрического поля  $E$  параллельно и перпендикулярно кристаллографической оси  $c$

$\text{ZnGeP}_2$  — тройной полупроводник типа  $A^{II}B^{IV}C_2^V$ , имеющий структуру халькопирита (группа симметрии  $D_{2d}^{12}$ , восемь атомов в элементарной ячейке, центр симметрии отсутствует). Теоретико-групповой анализ допускает существование 24 фоновых ветвей. Длинноволновые нормальные колебания распределены по типу симметрии как:  $A_1 + 2A_2 + 3B_1 + 4B_2 + 7E$ . Моды  $B_2(z)$  и  $E(x, y)$  активны в ИК-спектрах [2,3].

Для образцов  $\text{ZnGeP}_2$  нами измерены спектры коэффициента пропускания на ЛОВ-спектрометре (ЛОВ — лампа обратной волны) в диапазоне  $5\text{--}30\text{ см}^{-1}$  и спектры коэффициентов пропускания и отражения на Фурье-спектрометре в области спектра  $30\text{--}700\text{ см}^{-1}$  в диапазоне температур  $6\text{--}300\text{ К}$ . При ориентации вектора электрического поля  $\mathbf{E}$  параллельно кристаллографической оси  $c$  в спектрах отражения проявляются два фона, при ориентации вектора электрического поля  $\mathbf{E}$  перпендикулярно кристаллографической оси  $c$  — четыре (рис. 1). В спектрах пропускания зарегистрированы третий и пятый фононы для соответствующих поляризации, как и получено в расчётах по теоретико-групповому анализу.

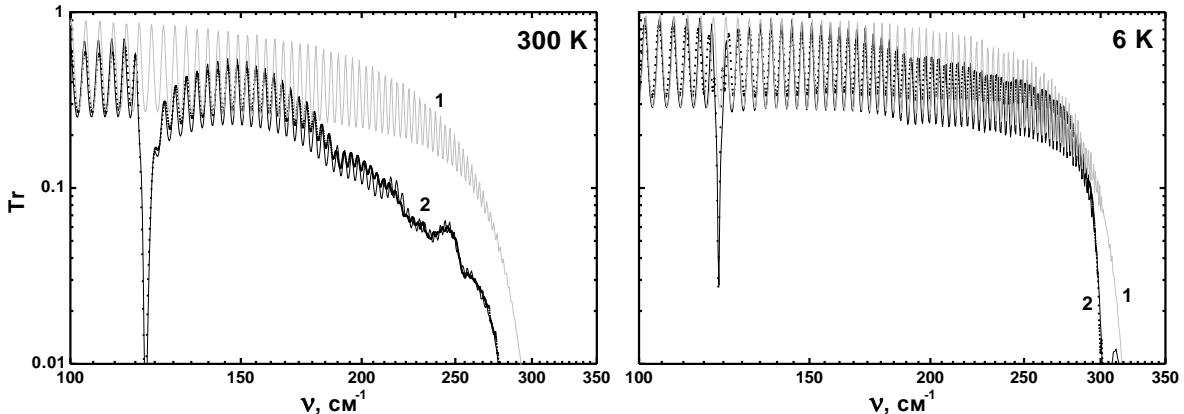


Рис. 2. Спектр пропускания ( $\text{Tr}$ ) образца  $\text{ZnGeP}_2$  при  $T = 6\text{ К}$  и  $T = 300\text{ К}$  для ориентации вектора электрического поля  $\mathbf{E}$  параллельно кристаллографической оси  $c$ :  
 1 — экстраполяция спектра пропускания, рассчитанного по параметрам оптических фононов спектра отражения (однофононный вклад);  
 2 — эксперимент (точки) и модель (линии) с учётом дополнительного поглощения

Показано, что фононные резонансы, описанные гармонической моделью Друде-Лоренца по спектрам отражения, при экстраполяции на низкие частоты не дают полного описания экспериментальных спектров пропускания. Для иллюстрации на рис. 2 показаны спектры пропускания, полученные для ориентации вектора электрического поля  $\mathbf{E}$  параллельно кристаллографической оси  $c$ .

В диапазоне  $30\text{--}300\text{ см}^{-1}$  зарегистрировано дополнительное поглощение, имеющее диффузный характер с различимыми на его фоне линиями (рис. 2). При понижении температуры коэффициент пропускания в частотном диапазоне диффузного фона увеличивается. Это указывает на температурную зависимость дополнительного поглощения в терагерцовом диапазоне. Зависимость от температуры характерных параметров — коэффициента поглощения  $\alpha(T)$  и модельных диэлектрических вкладов  $\Delta\epsilon_i(T)$  — указывает на доминирование многофононных разностных процессов в формировании поглощения на этих частотах.

На рис. 3 показан спектр мнимой части диэлектрической проницаемости  $\epsilon''(\nu)$  для  $\mathbf{E}||c$  при комнатной температуре. Штриховкой выделен допол-

нительный вклад в поглощение, полученный нами при совместном дисперсионном моделировании спектров пропускания и отражения.

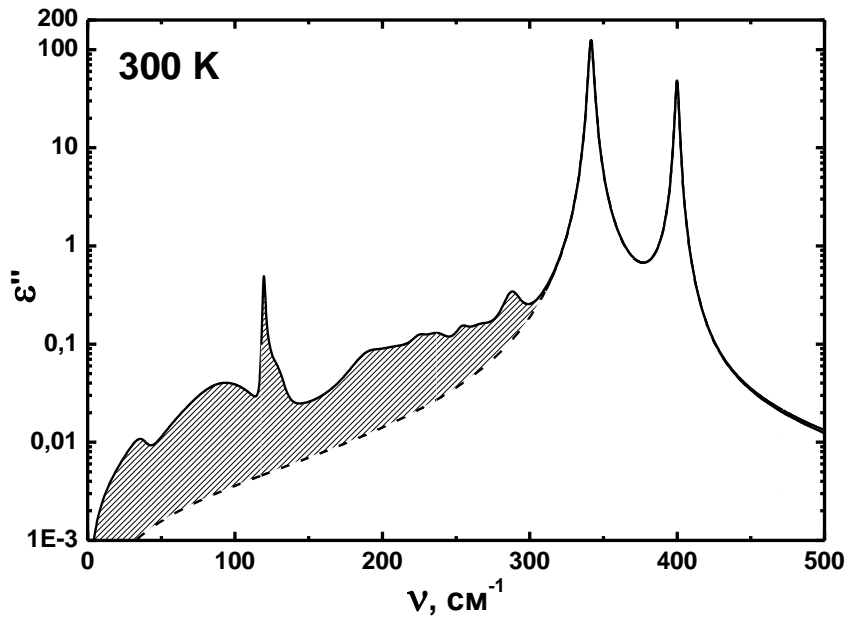


Рис. 3. Спектр мнимой части диэлектрической проницаемости  $\varepsilon''(\nu)$  для ориентации вектора электрического поля  $E$  параллельно кристаллографической оси  $c$  при  $T = 300$  К: пунктир — рассчитанный по параметрам оптических фононов спектра отражения (однофононный вклад), сплошная линия — с учётом дополнительного поглощения

## ЛИТЕРАТУРА

1. Войцеховский В.В., Волков А.А., Командин Г.А., Шакир Ю.А. // ФТТ, 1995, Т. 37, №7, с. 2199-2202.
2. Горбань И.С., Горыня В.А., Луговой В.И., Тычина И.И. // ФТТ, 1975, Т. 17, №9, с. 2631-2634.
3. Марков Ю.Ф., Григорьева В.С., Задохин Б.С., Рыбакова Т.В. // Оптика и спектроскопия, 1974, Т. 36, №1, с. 163-166.