

Изучение механизмов поглощения в облучённых нелинейно-оптических кристаллах ZnGeP_2 в терагерцовом диапазоне частот

С.В. Чучупал¹, Г.А. Командин¹, Е.С. Жукова^{1,2}, О.Е. Породинков¹, Ю.А. Шакир¹,
А.И. Грибенюков³, И.Е. Спектор¹

¹ ФГБУН Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

² Московский физико-технический институт (Государственный университет)

³ ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем РАН

MirrorMan@yandex.ru

Методами субмиллиметровой (СБММ) ЛОВ- и инфракрасной (ИК) Фурье-спектроскопии изучены многочастичные процессы, формирующие поглощение в облученных электронами нелинейно-оптических кристаллах ZnGeP_2 в терагерцовом (ТГц) участке спектра.

Тройной полупроводник ZnGeP_2 – перспективный материал для генерации излучения в ТГц диапазоне. При оптимизации процессов синтеза этих кристаллов большое внимание уделяется снижению уровня несобственных потерь, обусловленных дефектностью структуры и вкладом электронной проводимости. При облучении кристаллов ZnGeP_2 электронами с энергией 4 МэВ в них формируются центры захвата, что приводит к снижению потерь в среднем ИК диапазоне, то есть в области накачки лазерным излучением [1-2]. В то же время неясным остается вопрос о влиянии электронного облучения на формирование поглощения в ТГц диапазоне, то есть в области генерации полезного сигнала.

Цель нашей работы – экспериментальное изучение механизмов поглощения в облучённом нелинейно-оптическом монокристалле ZnGeP_2 в ТГц диапазоне частот (5-700 см^{-1}), их количественное описание и выявление различий по сравнению с необлучённым образцом в температурном интервале 10-300 К.

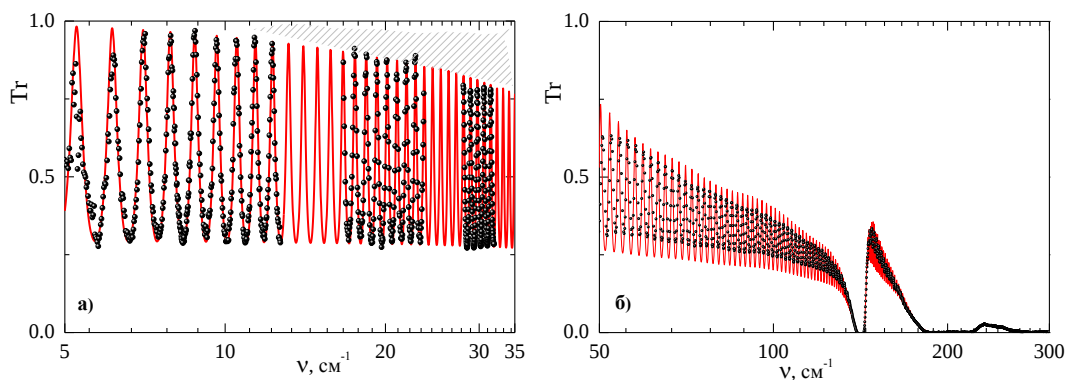


Рис. 1. Спектры пропускания $\text{Tr}(\nu)$ в СБММ (а) и дальнем ИК диапазонах (б) облучённого образца ZnGeP_2 (эксперимент — точки, модель — линии), полученные для $E \perp c$ при $T = 300$ К.

Исходные для анализа спектры пропускания монокристалла ZnGeP_2 (рис. 1) получены с использованием двух экспериментальных методов: СБММ монохроматической ЛОВ спектроскопии и ИК Фурье спектроскопии. По аддитивной трехпараметрической модели дисперсии рассчитаны модельные спектры пропускания и определены параметры дипольных колебаний: частота, диэлектрический вклад и затухание. В области высокой прозрачности в СБММ диапазоне величины комплексной диэлектрической проницаемости определены по формулам Френеля.

На рис. 2 показана температурная зависимость мнимой части диэлектрической проницаемости для волновых чисел 12 и 30 см^{-1} . Обнаружено, что заметные

температурные изменения происходят выше ~ 100 К. При более низких температурах потери остаются постоянными в пределах погрешности эксперимента. Кроме того, различие потерь в СБММ диапазоне между облученным и необлученным образцами также находится в пределах экспериментальных погрешностей.

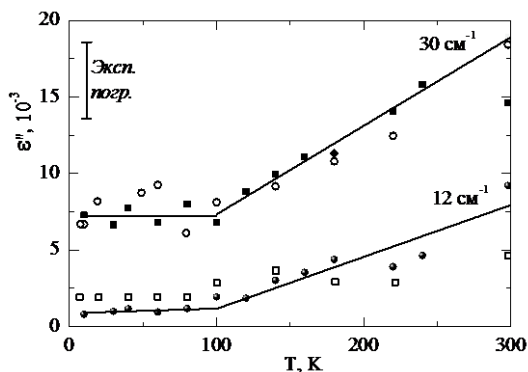


Рис. 1. Температурная зависимость мнимой части диэлектрической проницаемости ε'' монокристалла ZnGeP_2 для $E \perp c$ в СБММ диапазоне для двух частот. Закрашенные символы — облучённый образец, незакрашенные символы — необлучённый образец.

Выраженная температурная эволюция диэлектрического отклика зарегистрирована в области $30\text{--}300\text{ см}^{-1}$. В этом диапазоне, наряду с однофононным поглощением, заметный вклад в потери формируют разностные многофононные процессы поглощения. Сопоставление спектров диэлектрических потерь облученного и необлученного [3] образцов показало их количественное сходство. В ТГц области в облученном образце отсутствуют дополнительные полосы поглощения.

Таким образом, показано, что облучение монокристалла ZnGeP_2 электронами с энергией 4 МэВ с дозами $\sim 10^{17}\text{ см}^{-2}$ не приводит к деградации его электродинамических характеристик в ТГц диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.I. Gribenyukov, et al. // Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 2003, V. 744, P. M5.40.1.
2. В.Н. Брудный и др. // ФТТ, 2006, Т. 48, № 11, С. 1949.
3. С.В. Чучупал и др. // ФТТ, 2014, Т. 56, №7, С. 1338.