

УДК 537.375.54; 535.323

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА НА ПОЛЯРИТОНАХ И ДИСПЕРСИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ КРИСТАЛЛА КTiOPO₄

Г. Д. Вшивкова, В. А. Маслов, Ю. Н. Поливанов, Ю. Л. Чузавков

Получены спектры комбинационного рассеяния (КР) света на поляритонах всех трех типов симметрии $A_1(z)$, $B_1(x)$ и $B_2(y)$ двуосного кристалла $KTiOPO_4$, принадлежащего точечной группе симметрии $mm2$. Методом призмы с помощью гониометра измерены показатели преломления n_x , n_y и n_z в диапазоне длин волн 0.4579—1.15 мкм. С использованием этих данных из полученных частотно-угловых спектров КР света на поляритонах верхних дисперсионных ветвей измерены также показатели преломления n_x и n_y в ИК диапазоне, включающем край ИК поглощения кристалла. Приведены расчетные кривые синхронизма для генерации второй гармоники.

Кристалл $KTiOPO_4$ (КТР) является сравнительно новым высокоэффективным нелинейно-оптическим материалом. По совокупности свойств он, в частности, превосходит используемые в настоящее время материалы для преобразования излучения лазера на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом (YAG) во вторую гармонику (см., например, [1]).

В настоящей работе представлены результаты первого экспериментального наблюдения спектров комбинационного рассеяния (КР) света на поляритонах в кристалле КТР. Полученные поляритонные спектры использовались также для измерения показателей преломления в ИК диапазоне. Для таких измерений необходимы достаточно точные данные по показателям преломления в видимом диапазоне. Известно, однако, что показатели преломления этого кристалла заметно различаются в зависимости

Главные значения показателей преломления кристалла КТР

λ, мкм	n_x		n_y		n_z	
	измерение	расчет	измерение	расчет	измерение	расчет
0.4579	1.7987	1.7985	1.8093	1.8091	1.9213	1.9211
0.4765	1.7923	1.7923	1.8024	1.8025	1.9112	1.9112
0.4880	1.7888	1.7889	1.7987	1.7988	1.9058	1.9059
0.4965	1.7865	1.7866	1.7961	1.7963	1.9021	1.9022
0.5017	1.7851	1.7852	1.7948	1.7948	1.8999	1.9001
0.5145	1.7818	1.7821	1.7915	1.7915	1.8950	1.8952
0.5320	1.7782	1.7782	1.7874	1.7873	1.8893	1.8892
0.5461	1.7755	1.7754	1.7843	1.7842	1.8851	1.8849
0.5770	1.7701	1.7699	1.7784	1.7783	1.8769	1.8767
0.5791	1.7697	1.7696	1.7780	1.7780	1.8764	1.8762
0.6234	1.7636	1.7634	1.7713	1.7713	1.8672	1.8669
0.6328	1.7624	1.7623	1.7701	1.7700	1.8654	1.8652
0.6471	1.7605	1.7606	1.7681	1.7682	1.8625	1.8628
0.6764	1.7574	1.7576	1.7647	1.7649	1.8581	1.8584
0.6943	1.7559	1.7559	1.7632	1.7631	1.8559	1.8559
1.0640	1.7376	1.7378	1.7430	1.7431	1.8297	1.8297
1.1520	1.7356	1.7355	1.7406	1.7405	1.8265	1.8265

от метода выращивания [1]. Это потребовало проведения измерений показателей преломления в видимом диапазоне.

Для изготовления требуемых образцов нами была отработана методика роста, позволившая получать высококачественные монокристаллы КТР размером до $40 \times 40 \times 50$ мм. Кристаллы выращивались на затравку при вытягивании ее из раствора-расплава (модифицированный метод Чохральского) на основе K_2O-KPO_3 , в который для снижения вязкости вводились различные добавки.

Исследуемый кристалл является оптически двуосным и относится к точечной группе симметрии $mm2$. Измерения дисперсии главных значений показателей преломления в видимом и ближнем ИК диапазонах проводилась по методу угла наименьшего отклонения с помощью гониометра ГС-5 при использовании двух призм с углами при вершине 31 и 58° .

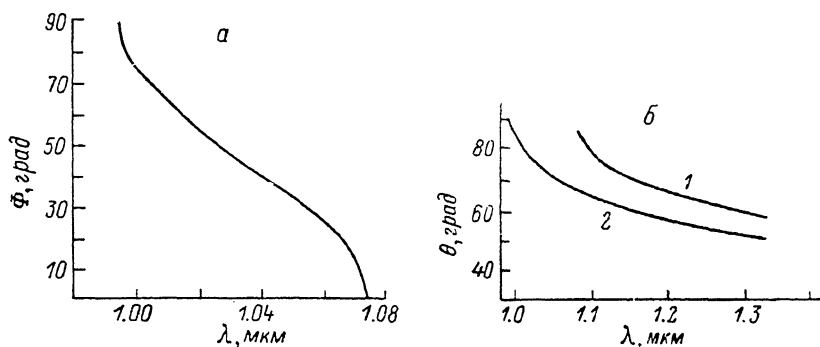


Рис. 1. Кривые синхронизма для генерации второй гармоники при распространении взаимодействующих волн.

a — в плоскости XU (взаимодействие типа $e=e+0$, Φ — угол между волновым вектором падающего излучения и кристаллографической осью X); *b* — в плоскостях XZ (1) и YZ (2) (взаимодействие типа $o=e+o$, θ — угол между волновым вектором и кристаллографической осью Z).

Точность измерения показателей преломления составляла $\pm 1 \cdot 10^{-4}$. Результаты измерений представлены в таблице.¹ По этим данным с использованием метода наименьших квадратов были получены следующие дисперсионные формулы: для главных значений показателей преломления

$$n_x^2(\lambda) = 1.71543 + \frac{1.27710\lambda^2}{\lambda^2 - (0.18346)^2} - 0.01047\lambda^2,$$

$$n_y^2(\lambda) = 1.56253 + \frac{1.44806\lambda^2}{\lambda^2 - (0.18012)^2} - 0.0132\lambda^2,$$

$$n_z^2(\lambda) = 1.99703 + \frac{1.3115\lambda^2}{\lambda^2 - (0.2182)^2} - 0.01611\lambda^2,$$

где длина волны λ имеет размерность в мкм. В таблице наряду с измеренными значениями приведены также значения показателей преломления, рассчитанные по приведенным выше дисперсионным формулам.

На основании проведенных измерений дисперсии показателей преломления были рассчитаны кривые синхронизма (рис. 1) для генерации второй гармоники при коллинеарном распространении взаимодействующих волн в плоскости кристаллографических осей XU (взаимодействие типа $e=e+o^2$) и в плоскостях YZ и XZ (взаимодействие типа $o=e+o$).

¹ Заметим, что результаты наших измерений наиболее близки к полученным в [2], но отличаются (на величину до $5 \cdot 10^{-3}$) от данных, приведенных в [1].

² При распространении света в плоскости кристаллографических осей двуосного кристалла волны можно условно разделить по аналогии со случаем одноосного кристалла на обыкновенные (o), показатели преломления для которых не зависят от направления распространения в указанной плоскости, и на необыкновенные, показатели преломления которых зависят от направления распространения.

Из кривой рис. 1, а видно, что не критичный синхронизм, реализующийся в плоскости XU , возможен для излучения с длинами волн, лежащими в диапазоне от 0.996 до 1.08 мкм. Измеренное значение угла синхронизма для генерации второй гармоники излучения YAG лазера ($\lambda=1.064$ мкм) составляет $\Phi=23\pm 0.5^\circ$ ($\Phi=25^\circ$ [1], $\Phi=23.2^\circ$ [2]).

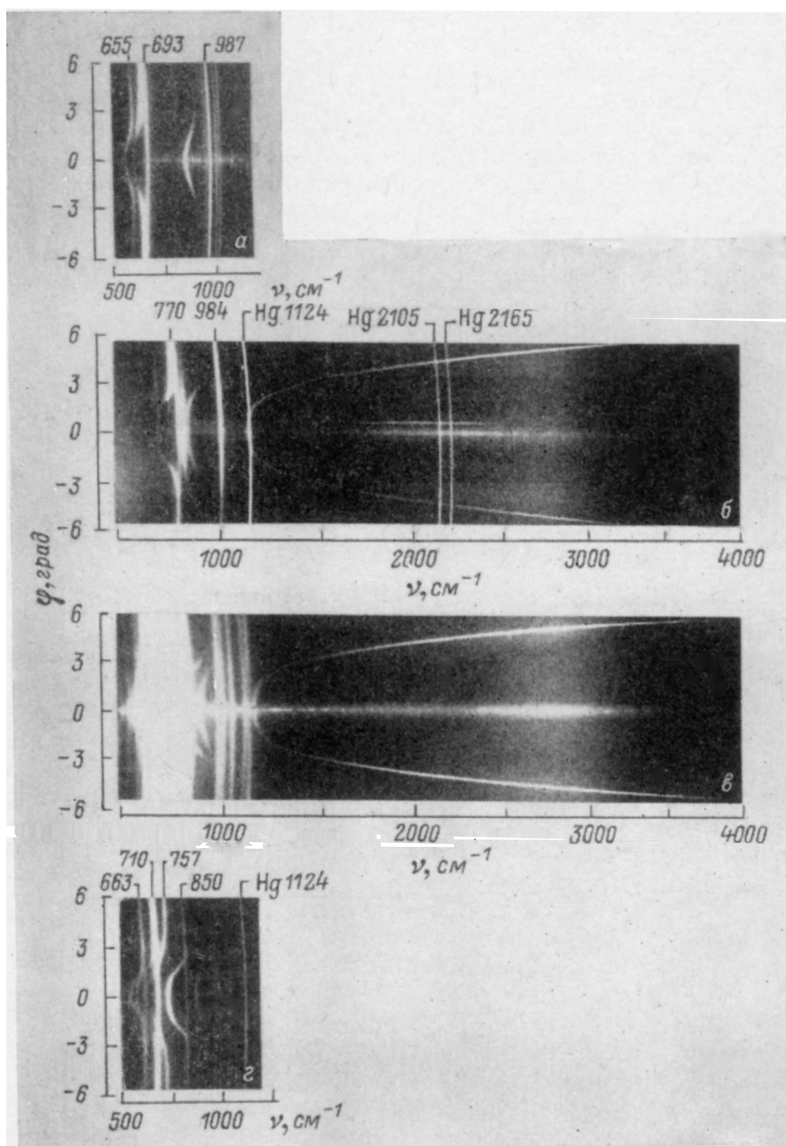


Рис. 2. Частотно-угловые спектры КР света на поляритонах кристалла КТР, полученные при возбуждении излучением аргонового лазера с длиной волны 514.5 нм; φ — угол рассеяния, отсчитываемый внутри кристалла, ν — стоксов сдвиг рассеянного света.

Геометрия рассеяния: а — $Y(XX)Y + \Delta X$, поляритоны симметрии $A_1(z)$; б — $Y(X, Z)Y + \Delta Z$, поляритоны симметрии $B_1(x)$; в — $X(Y, Z+Y)X + \Delta Z$, поляритоны симметрии $B_2(y)$, а также смешанной симметрии; г — $X(Y, Z)X + \Delta Z$, фрагмент поляритонных спектров симметрии $B_2(y)$ в области фононных резонансов.

Исследование КР света на поляритонах проводилось с помощью фотографической методики, при которой на фотоэмульсии регистрируется двумерная спектрограмма [3], представляющая собой зависимость частоты рассеянного света ν_s от угла рассеяния φ . Спектры возбуждались различными линиями генерации излучения аргонового лазера и регистрирова-

лись на спектрографе ИСП-51 в диапазоне частот стоксовых сдвигов, больших 500 см^{-1} .

Частотно-угловые спектры, соответствующие всем трем типам симметрии поляритонов $A_1(z)$, $B_1(x)$ и $B_2(y)$ кристалла КТР, представлены на рис. 2. При этом геометрия рассеяния выбиралась в соответствии с правилами отбора таким образом, чтобы в спектрах проявлялись поляритоны только определенного типа симметрии и их частоты не зависели от направления волнового вектора поляритонов в плоскости рассеяния. Исключением является спектр, приведенный на рис. 2, *в*, в котором в области фононных резонансов ($\sim 500\text{—}1000 \text{ см}^{-1}$) наряду с обыкновенными поляритонами симметрии $B_2(y)$ проявляются и необыкновенные. Этот участок спектра с выделением только обыкновенных поляритонов приведен на рис. 2, *г*.

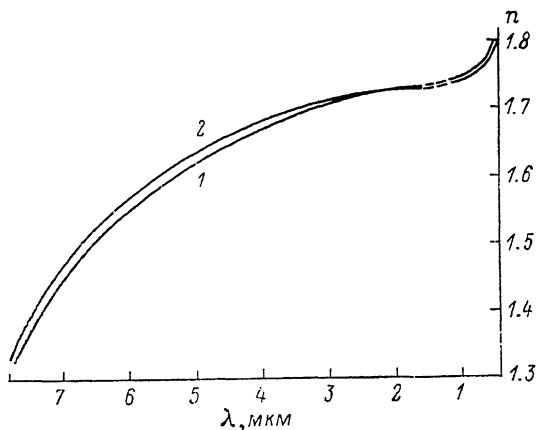


Рис. 3. Дисперсия показателей преломления n_x (1) и n_y (2), измеренная по поляритонным спектрам рассеяния. Данные в диапазоне длин волн от 0.4579 до 1.15 мкм взяты из таблицы.

Из полученных спектров видно, что верхняя дисперсионная ветвь проявляется в рассеянии только в случае поляритонов симметрии $B_1(x)$ и $B_2(y)$, при наблюдении которых поляризации возбуждающего и рассеянного света взаимно ортогональны. Значительная зависимость интенсивности КР света от угла φ (или частоты поляритонов) — следствие дисперсии нелинейной восприимчивости в области решеточных резонансов. Результатами такой дисперсии являются, в частности, «провалы» в интенсивности рассеяния, наблюдаемые на частотах 1300 и 1270 см^{-1} для поляритонов верхних дисперсионных ветвей симметрии $B_1(x)$ и $B_2(y)$ соответственно. На основании полученных частотно-угловых спектров с использованием законов сохранения энергии и импульса в элементарном акте рассеяния и данных по показателям преломления в видимом диапазоне можно восстановить дисперсию поляритонов (см., например, [3]).

Мы использовали такую процедуру для измерения дисперсии показателей преломления n_x и n_y в ИК области, включающей край ИК поглощения кристалла. Результаты представлены на рис. 3. Точность измерений составляет $3 \cdot 10^{-3}$. Заметим, что для расширения регистрируемого диапазона частот рассеянного света (частот поляритонов верхней дисперсионной ветви), ограниченного спектральным диапазоном чувствительности фотоэмульсии, нами использованы различные длины волн возбуждающих линий аргонового лазера.

Л и т е р а т у р а

- [1] Belt R. F., Gashurov G., Liu Y. S. Laser focus, 1985, vol. 21, N 10, p. 110—124.
 [2] Fan T. Y., Huang C. E., Hu B. Q. et al. Appl. Optics, 1987, vol. 26, N 12, p. 2390—2394.
 [3] Поливанов Ю. Н. УФН, 1978, т. 126, № 2, с. 185—232.