

М. Ф. ВЛАСЕНКО, И. В. МИТЮШЕВА, А. Н. ПЕНИН

СПОНТАННОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА  
В МОЛИБДАТЕ ГАДОЛИНИЯ  $Gd_2(MoO_4)_3$ 

В работе приводятся результаты исследования кристалла молибдата гадолия ( $GMO$ ) методом спонтанного параметрического рассеяния света на поляритонах (СПР). Спектроскопия СПР позволяет изучать как динамику решетки, так и оптические свойства рассеивающей среды в ИК-области. В данной работе получены спектры СПР кристалла  $GMO$  в диапазоне  $280-5000\text{ см}^{-1}$ , измерены частоты собственных колебаний и определена дисперсия обыкновенного показателя преломления в диапазоне  $350-5000\text{ см}^{-1}$ .

Кристалл  $GMO$  при комнатной температуре является двуосным, имеет орторомбическую элементарную ячейку с точечной симметрией  $mm2$ . Однако малая величина продольного спонтанного двулучепреломления  $\Delta n_{xy} \sim 4 \cdot 10^{-4}$  [1] дает возможность в достаточно хорошем приближении не делать различия между  $n_x$  и  $n_y$  и считать кристалл одноосным, т. е.  $n_x \approx n_y = n^o$ ,  $n_z = n^e$ .

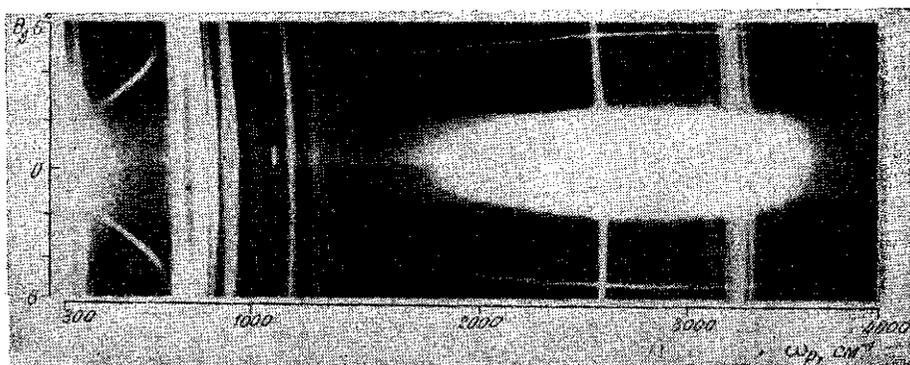


Рис. 1. Частотно-угловой спектр СПР кристалла  $GMO$ .  $\theta_s$  — угол рассеяния вне кристалла,  $\omega_p$  — частота поляритона

Частотно-угловые спектры СПР в молибдате гадолия были получены при помощи стандартной экспериментальной установки с фотографической регистрацией спектров [2]. На рис. 1 приведен общий вид спектра при следующей геометрии рассеяния: треугольник волновых векторов  $\mathbf{k}_L = \mathbf{k}_s + \mathbf{k}_p$  лежит в плоскости  $XY$  ( $\mathbf{k}_L$ ,  $\mathbf{k}_s$ ,  $\mathbf{k}_p$  — волновые векторы волны накачки, сигнала и поляритона), волна накачки направлена по оси  $X$  и является обыкновенной ( $\mathbf{k}_L \parallel X$ ,  $\mathbf{e}_L \parallel Y$ ), сигнальная волна — необыкновенная ( $\mathbf{e}_s \parallel Z$ ). При этом наблюдается рассеяние на обыкновенных поляритонах.

На приведенном спектре в области частот  $280-1000\text{ см}^{-1}$  расположены собственные колебания решетки. Полоса прозрачности начинается с частоты  $1300\text{ см}^{-1}$ . Линии, расположенные на этом участке спектра, обусловлены люминесценцией кристалла, соответствующие им длины волн лежат в диапазоне  $0,50-0,62\mu$ . Для того чтобы разделить линии собственных колебаний и линии люминесценции, было

проведено сравнение спектров, полученных для накачки с различными длинами волн:  $\lambda_L=457,9; 476,5; 488,0$  и  $514,5$  нм. При этом линии люминесценции не меняли своего положения на спектре, в то время как линии собственных колебаний смещались вместе с накачкой так, что частотный сдвиг  $\omega_p = \omega_L - \omega_s$  оставался постоянным. В качестве источника накачки использовался аргоновый лазер.

Таблица 1

СПР $\omega$ , см <sup>-1</sup>	КР [3] $\omega$ , см <sup>-1</sup>
282	284
302	306
330	327
348	345
407	407
718	727
749	748
816	821
828	828
849	848
881	882
931	930
960	965

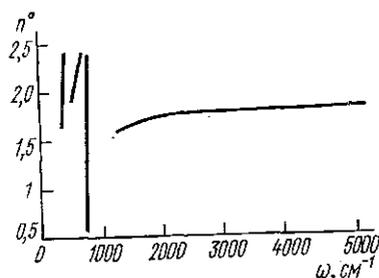


Рис. 2. Дисперсия обыкновенного показателя преломления  $n^0$  в диапазоне 350—5000 см<sup>-1</sup>

Спектры СПР позволили измерить частоты собственных колебаний решетки, попадающих в диапазон 280—1000 см<sup>-1</sup> с точностью  $\pm 10$  см<sup>-1</sup>. Результаты измерения частот показаны в табл. 1. В ней даны частоты, полученные методом комбинационного рассеяния света (КР) [3] для колебаний типа  $B_1$ . Из приведенных в табл. 1 данных видно, что величины частот, измеренные разными методами, находятся в хорошем согласии друг с другом. Кроме того, были определены длины волн линий люминесценции. Наиболее сильные линии имеют следующие длины волн: 540; 543,3; 549; 564,6; 567; 570; 576,8; 589; 594; 599,6; 599,6; 604; 607; 611 нм.

Интегральная интенсивность люминесценции по всему спектру, а также относительная интенсивность отдельных линий существенно зависят от длины волны накачки. Видимая на спектрах люминесценция не может принадлежать трехвалентному иону гадолиния, так как все линии гадолиния  $Gd^{3+}$  лежат в УФ-области [4] и обусловлена, по всей видимости, наличием примесей в кристалле, например других редкоземельных ионов или двухвалентных ионов гадолиния. Интенсивность люминесценции в то же время сильно зависит от конкретного кристалла (хотя спектр ее для заданной накачки одинаков), меняясь от образца к образцу в  $\sim 5$  раз, что определяется, видимо, концентрацией примеси в данном образце.

Одной из особенностей полученных спектров является наличие двух широких линий на частотах 1756 и 1800 см<sup>-1</sup>, которые взаимодействуют с перестроечной кривой спектра СПР, нарушая ее монотонный ход, и, следовательно, имеют не равный нулю дипольный момент. Надо отметить, что метод СПР имеет высокую чувствительность по отношению к дипольным моментам колебаний. Он позволяет уверенно регистрировать колебания с дипольным моментом  $\sim 10^{-4}$  [5]. Наиболее высокочастотное колебание первого порядка (см., например; [3]) имеет частоту 965 см<sup>-1</sup>. Таким образом, линии 1756 и 1800 см<sup>-1</sup> скорее всего являются линиями второго порядка, образованными, напри-

мер, следующими парами колебаний:  $1756 \approx 931 + 828 \text{ см}^{-1}$ ,  $1800 \approx 960 + 849 \text{ см}^{-1}$ . Взаимодействие электромагнитной волны с колебаниями второго порядка приводит к увеличению затухания на этих частотах и, следовательно, к появлению дополнительной полосы поглощения, которая была обнаружена в диапазоне  $5,5\text{--}6\mu$  [6].

Для определения показателя преломления в ИК-области (в том числе в области собственных колебаний решетки) по частотно-угловым спектрам СПР необходимо знать показатели преломления для волны накачки и рассеянной волны, частоты которых лежат в видимой области [7]. Соответствующие показатели преломления, измерен-

Таблица 2

$\lambda, \text{Å}$	$n^o$	$n^e$
4078	1,885	1,946
5780	1,847	1,901
6123	1,841	1,894
5461	1,852	1,907

Таблица 3

$\omega, \text{см}^{-1}$	$n^o$
1356	1,607
1515	1,659
1665	1,691
1849	1,707
2066	1,739
2298	1,752
2697	1,774
2825	1,777
3375	1,790
4786	1,814
4933	1,814

ные методом призмы на гониометре ГС-30 с точностью  $\pm 5 \cdot 10^{-4}$ , приведены в табл. 2. Далее, по спектрам СПР были определены значения показателей преломления для обыкновенной волны  $n^o$  в диапазоне  $350\text{--}5000 \text{ см}^{-1}$ . Дисперсия  $n^o$  в этом диапазоне представлена на рис. 2 и в табл. 3.

В заключение авторы приносят благодарность И. Н. Величко за предоставленный образец и Т. М. Полховскую за консультации по физическим свойствам кристалла ГМО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith A. W., Burns G. Phys. Lett., 1968, 28A, 501.
2. Акципетров О. А., Георгиев Г. М., Михайловский А. Г., Пенин А. Н. Физика тв. тела, 1976, 18, 665.
3. Ullman F. G., Holden B. T., Ganguly B. N. Phys. Rev., 1973, B8, 2991.
4. Справочник по лазерам. М., 1978.
5. Кнейпп К. Д., Понат Г. Э., Стрижевский В. Л., Яшкир Ю. Н. Письма ЖЭТФ, 1973, 18, 89.
6. Nassau K. J. Phys. Chem. Sol., 1965, 26, N 12.
7. Georgiev G. M. Phys. Stat. Sol., 1978, B86, 431.

Поступила в редакцию  
28.03.79