

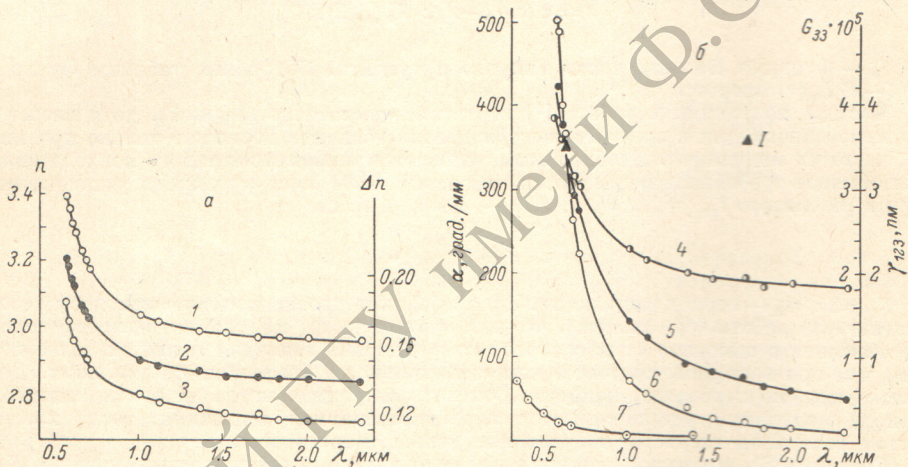
ДИСПЕРСИЯ ДВУПРЕЛОМЛЕНИЯ И ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДИФОСИДА ЦИНКА

В. В. Борц, В. Д. Влас, М. П. Лисица, С. И. Лукаш, И. И. Тычина
и И. В. Фекеигази

Дифосфид цинка находит все более широкое применение в приборах квантовой электроники, работа которых базируется на нелинейном поглощении света. Хотя последнее нами всесторонне изучено [1], количественное сопоставление экспериментальных результатов с данными теории не производилось из-за отсутствия сведений о некоторых физических параметрах ZnP_2 , характеризующих взаимодействие света с веществом.

Измерению таких параметров, как дисперсия показателя преломления и оптической активности дифосфида цинка, и посвящено настоящее сообщение.

Исследуемые кристаллы относятся к тетрагональной сингонии (класс симметрии 422) и, следовательно, являются одноосными. Они обладают значительной анизотропией кристаллической решетки ($a=b=5.08 \text{ \AA}$, $c=18.59 \text{ \AA}$), которая должна привести к большой величине двупреломления $\Delta n = n_o - n_e$ [2].



Дисперсия показателей преломления, двупреломления (а) и оптической активности (б) тетрагонального ZnP_2 .

1 — n_o , 2 — n_e , 3 — $\Delta n = n_o - n_e$; 4, 5, 6 — соответственно γ_{423} , G_{33} , α для ZnP_2 (I — данные работы [8]), 7 — α для кварца.

В работе использованы образцы p -типа с удельным сопротивлением $10^8 - 10^9 \text{ ом} \cdot \text{см}$, полученные сублимацией в вакуированной кварцевой ампуле, размещенной в двухтемпературной печи [3]. Ориентация кристаллов осуществлялась на рентгеновском гониометре ГУР-3 с точностью 5'.

Измерения показателей преломления n_o и n_e проводились на гониометре ГС-5 [4]. Призмы с преломляющими углами $4^{\circ}53'09''$, $2^{\circ}50'30''$ и $2^{\circ}41'32''$ и размерами полированных до 14 класса чистоты рабочих поверхностей $4 \times 6 \text{ мм}^2$ вырезались таким образом, чтобы оптическая ось кристалла была параллельной преломляющему ребру.

Исследования дисперсии двупреломления и естественной оптической активности проведены на участке спектра от края собственного поглощения до $\lambda = 2.325 \text{ мкм}$. Источником плоскополяризованного монохроматического излучения служила ртутная лампа ДРШ-250 в совокупности с монохроматором ДМР-4 и призмой Глана. В видимой области спектра измерения проведены визуально, а в ближней инфракрасной — с помощью фоторезистора ФСА-1, сигнал с которого подавался на вход резонансного усилителя У2-6 и на самописец.

Результаты измерений n_o , n_e и Δn представлены на рисунке, а. Их поведение тривиально: с увеличением длины волны значения n_o , n_e , Δn монотонно спадают, а достаточно далеко от края собственного поглощения они остаются практически постоянными, указывая на отсутствие в этой части спектра локальных полос поглощения.

Знак Δn ($n_o > n_e$) указывает на то, что кристалл оптически отрицателен, а пики отражения в поляризации $E \perp c$ находятся при более низких энергиях квантов, чем в поляризации $E \parallel c$, подтверждая тем самым данные о строении зон в α ZnP_2 [5, 6].

Естественное вращение плоскости поляризации света исследовалось в параллельном пучке как по методу погасания, когда ориентированная перпендикулярно оптиче-

ской оси пластинка вводилась между скрещенными поляризатором и анализатором, так и по методу максимального пропускания, когда последние вначале были параллельными друг к другу. Источник излучения и методы регистрации оставались прежними.

Результаты измерения дисперсии оптической активности совместно с данными для кварца [7] представлены на рисунке, 6 (кривые 6 и 7). Величина α для $\lambda=0.6328\text{ мкм}$ хорошо согласуется с данными работы [8]. Как и следовало ожидать, в исследуемой области спектра из-за ее близости к краю поглощения вращательная способность ZnP_2 значительно превышает соответствующую характеристику для кварца (см. рисунок, 6, кривые 6 и 7).

Дисперсия показателя преломления вещества обусловлена инерционностью установления электрической поляризации: последняя определяется значением поля не только в данный момент времени, но и в предшествующие моменты. Для объяснения дисперсии оптической активности необходимо учесть также пространственную дисперсию вещества [9]. Наличие последней предполагает, что поляризация в данной точке определяется не только электрическим полем в этой точке, но и в некоторой ее окрестности. В соответствии с теорией [9, 10] вращательная способность вещества определяется псевдотензором гирации G_{ijk} и в случае распространения света вдоль оптической оси ZnP_2 описывается выражением

$$\Psi = \frac{\pi n_0^2 d}{\lambda_0} G_{33}, \quad (1)$$

где Ψ — угол поворота вектора поляризации световой волны; n_0 — показатель преломления для света, распространяющегося вдоль оптической оси; λ_0 — длина волны в вакууме; d — толщина кристалла.

Тензор гирации дуальный антисимметричному тензору оптической активности γ_{ijk} . Они связаны соотношением

$$\gamma_{ijk} = \frac{\lambda_0}{2\pi} \delta_{ijk} G_{lk}, \quad (2)$$

где δ_{ijk} — единичный антисимметричный тензор.

Для класса симметрии 422, к которому принадлежит αZnP_2 , используя (2), получим

$$\gamma_{123} = \frac{\lambda_0}{2\pi} G_{33}. \quad (3)$$

В области прозрачности кристалла величина удельного вращения $\alpha = \Psi/d$ с увеличением частоты ω возрастает приблизительно как ω^2 , тензор гирации G_{ijk} — как ω , а тензор оптической активности сравнительно слабо зависит от частоты [10].

Экспериментальные данные по дисперсии α , G_{33} и γ_{123} дифосфида цинка приведены на рисунке, 6 (кривые 6, 5 и 4 соответственно). По традиции и для удобства использования здесь приведены зависимости данных величин от длины волны. Сопоставление их частотных зависимостей с вышеприведенными данными теории указывает на их хорошее совпадение в области прозрачности.

Существование двух энантиоморфных структур αZnP_2 в пределах класса 422 (с пространственными группами $P_{4_2}2_12$ и $P_{4_3}2_12$) обуславливает возможность проявления левого и правого вращения плоскости поляризации. Однако все исследуемые нами кристаллы были правовращающими.

Литература

- [1] М. П. Лисица, П. Е. Мозоль, И. И. Тычина, И. В. Фекеши, А. В. Федотовский. В сб.: Квантовая электроника, № 8, 35. «Наукова думка», Киев, 1974.
- [2] П. И. Баранский, В. П. Клочков, И. В. Потыкевич. В сб.: Полупроводниковая электроника. «Наукова думка», Киев, 1975.
- [3] M. Rubenstein, P. J. Dean. J. Appl. Phys., 41, 1777, 1970.
- [4] Н. М. Меланхолин. Методы исследования оптических свойств кристаллов. «Наука», М., 1970.
- [5] V. V. Sobolev, N. N. Syrbu, T. N. Sushkevich. Phys. St. Sol., 37, K 51, 1969.
- [6] V. V. Sobolev, N. N. Syrbu, Ya. A. Ugai. Phys. St. Sol., 43, B, 73, 1974.
- [7] К. П. Яковлев. Краткий физико-технический справочник. ГИФМЛ, М., 1960.
- [8] И. С. Горбань, В. Н. Луговой, И. И. Тычина, Е. Г. Ульянова. УФЖ, 20, 1744, 1975.
- [9] В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. «Наука», М., 1965.
- [10] Ю. Н. Сиротин, М. П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. «Наука», М., 1975.

Поступило в Редакцию 16 марта 1976 г.