



# Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

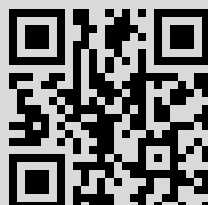
N. N. Syrbu, S. B. Khachaturova, EXCITON-  
PHONON SPECTRA IN ZINC DIPHOSPHIDE,  
*Fizika Tverdogo Tela*, 1985, Volume 27, Issue 9, 2687–  
2690

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that  
you have read and agreed to these terms of use  
<http://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 178.168.20.213

December 28, 2020, 16:30:59



УДК 533.9

## ЭКСИТОН-ФОНОННЫЕ СПЕКТРЫ В ДИФОСФИДЕ ЦИНКА

Н. Н. Сырбу, С. Б. Хачатурова

В модулированных по длине волны спектрах поглощения моноклинных кристаллов дифосфида цинка в поляризации  $E \perp c$  выявлены запрещенные непрямые переходы в экситонную зону  $n=1$  с участием  $LO$ -фононов симметрии  $\Gamma_4$ . По спектрам отражения кристаллов  $ZnP_2$  рассчитаны параметры осцилляторов ИК активных фононов.

В кристаллах дифосфида цинка черной модификации в спектрах люминесценции в области энергий  $E > E_g$  при  $T=2$  К обнаружены эквидистантные линии излучения, обусловленные возбуждением оптических фононов [1].

В настоящей работе исследованы модулированные по длине волны спектры пропускания  $ZnP_2$  при  $T=77$  К в области континуума. Спектры изучены на установке, собранной на базе монохроматора МДР-2 при спектральной ширине

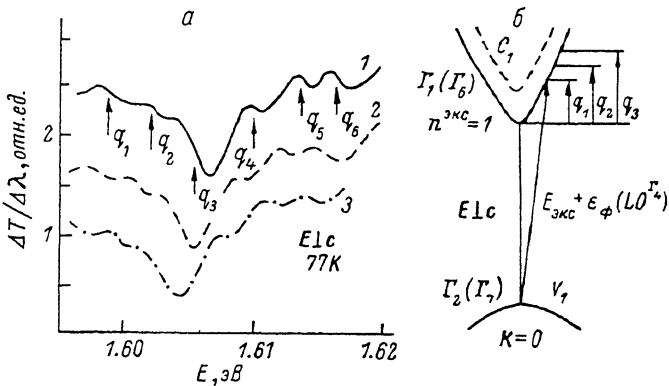


Рис. 1.

$a$  — модулированные по длине волны спектры пропускания  $ZnP_2-C_2A_5$  для концентраций носителей заряда  $n \sim 10^{14}$   $cm^{-3}$  (1),  $10^{16}$   $cm^{-3}$  (2) и  $10^{18}$   $cm^{-3}$  (3).  $b$  — модель непрямых переходов в экситонную зону  $n=1$  в  $K=0$  с участием фононов.

щели  $1 \text{ \AA}$  и глубине модуляции  $\pm 1 \text{ \AA}$ . Результаты сопоставлены с данными ИК спектров отражения, измеренных на приборе Perkin—Elmer 580 В.

В модулированных по длине волны спектрах поглощения в поляризации  $E \perp c$  наблюдаются полосы  $q_1 - q_6$  при энергиях 1.598, 1.602, 1.606, 1.610, 1.614 и 1.616 эВ соответственно (рис. 1,  $a$ , кривая 1). Энергетическое положение каждой линии определено по точке перегиба, которая в случае первой производной соответствует началу поглощения. В поляризации  $E \perp c$  при энергии 1.556 эВ обнаруживается полоса  $n=1$  запрещенного экситона. Предел сходимости экситонной серии в  $ZnP_2$ , обусловленный переходами  $\Gamma_2(\Gamma_7) - \Gamma_1(\Gamma_6)$ , равен 1.597 эВ. Переходы  $\Gamma_2 - \Gamma_1$  разрешены в поляризации  $E \parallel c$  и запрещены в поляризации  $E \perp c$  (рис. 1,  $b$ ). В случае, когда экситонные переходы в дипольном приближении являются запрещенными и минимум экситонной зоны находится в точке  $K_{\min}=0$ , возможны непрямые переходы на квазинепрерывные уровни экситонной зоны с  $\Delta K \neq 0$ . Подобные переходы наблюдаются в кристаллах  $Cu_2O$  [2, 3],  $A^2B^6$  [4, 5],  $Ag_2O$  [6].



симметрии  $C_{2h}^5$  являются  $\Gamma$ ,  $Y$ ,  $U$ ,  $\lambda$ ,  $R$ ,  $G$  [8]. В соответствии с теорией групп неприводимые представления фононных колебаний в точке  $\Gamma$  зоны Бриллюэна имеют вид [8]:  $\Gamma = 18A_g + 18B_g + 18A_u + 18B_u$ . В однофононных ИК спектрах могут проявиться 17 фононов симметрии  $A_u$  ( $\Gamma_2$ ) и 16 фононов симметрии  $B_u$  ( $\Gamma_4$ ) в поляризациях  $E \parallel c$  и  $E \perp c$  соответственно [9, 10]. В КР-18 фононов с симметрией  $A_g$  ( $\Gamma_1$ ) и  $B_g$  ( $\Gamma_3$ ). Для определения оптических констант  $ZnP_2-C_{2h}^5$  в области однофононного резонанса использовалась многоосцилляторная модель,

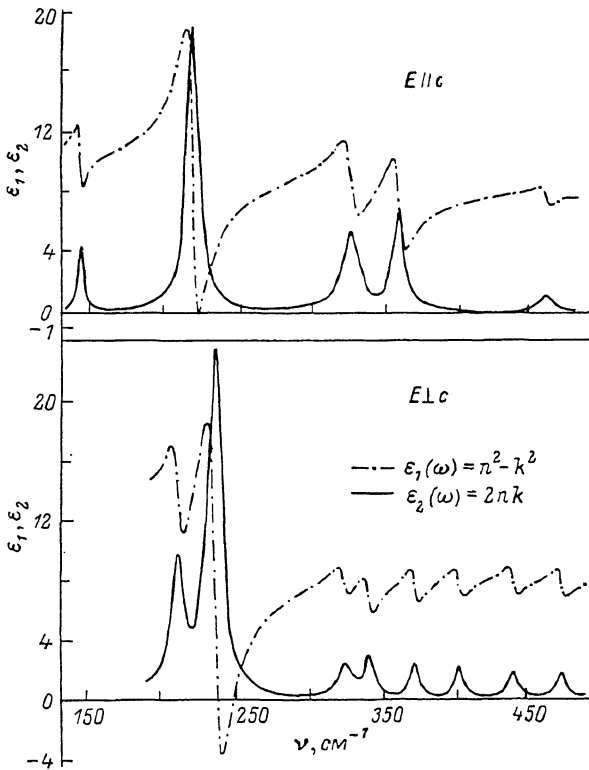


Рис. 3. Частотные зависимости вещественной  $\epsilon_1(\omega) = n^2 - k^2$  и мнимой  $\epsilon_2(\omega) = 2nk$  частей диэлектрической проницаемости  $ZnP_2-C_{2h}^5$ .

в которой дисперсия диэлектрической проницаемости в исследуемой области частот описывается выражением [11]

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_1(\omega) + i\epsilon_2(\omega) = \epsilon_\infty + \sum_{j=1}^N \frac{\epsilon_\infty(\omega_{Lj}^2 - \omega_{Tj}^2)}{\omega_{Tj}^2 - \omega^2 - i\omega\Gamma_j}, \quad (1)$$

где  $\epsilon_\infty$  — высокочастотная диэлектрическая проницаемость кристалла,  $N$  — количество резонансных особенностей,  $\Gamma_j$ ,  $\omega_{Lj}$  и  $\omega_{Tj}$  — затухание, продольная и поперечная (резонансная) частоты оптических колебаний  $j$ -го осциллятора. Коэффициент отражения рассчитывался из следующих соотношений

$$R(\omega) = \left| \frac{n(\omega) - 1}{n(\omega) + 1} \right|^2, \quad n(\omega) = \sqrt{\epsilon(\omega)}. \quad (2)$$

Оптические параметры ИК активных фононов в  $ZnP_2-C_{2h}^5$  определялись методом подгонки спектров отражения, вычисленных по формулам (2) к экспериментально полученным (рис. 3). Хорошее совпадение расчетных спектров с экспериментальными наблюдалось при значениях параметров, приведенных в таблице. Сила осциллятора рассчитывалась из выражения

$$f_j = \frac{\epsilon_\infty}{4\pi} \left( \frac{\omega_{Lj}^2}{\omega_{Tj}^2} - 1 \right).$$

Значения высокочастотной ( $\epsilon_\infty$ ) и статической ( $\epsilon_s$ ) диэлектрических проницаемостей для каждой поляризации (см. таблицу) связаны между собой соотношением

$$\epsilon_s = \epsilon_\infty + \sum_j 4\pi f_j.$$

На основании данных таблицы построены частотные зависимости вещественной  $\epsilon_1(\omega) = n^2 - k^2$  и мнимой  $\epsilon_2(\omega) = 2nk$  частей диэлектрической проницаемости  $\epsilon_\infty$  в  $\text{ZnP}_2 - \text{C}_{3k}^5$ .

Как видно, частоты фононов, определенные из спектров модулированного по длине волны пропускания, совпадают с частотами, полученными из измерений ИК спектров отражения. В дифосфиде цинка непрямые переходы  $\Gamma_2(\Gamma_7) - \Gamma_1(\Gamma_6)$  в экситонную зону с эмиссией высокочастотных фононов попадают в область энергий континуума ( $E \geq E_g$ ), где другие механизмы, изменяющие монотонный рост коэффициента поглощения, практически отсутствуют.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Певцов В. А., Пермогоров С. А., Селькин А. В., Сырбу Н. Н., Уманец А. Г. ФТП, 1982, т. 16, № 8, с. 1399—1405.
- [2] Gross E., Permogorov S., Razbirin B. J. Phys. Chem. Sol., 1966, vol. 27, № 10, p. 1647—1651.
- [3] Гросс Е. Ф., Крейнгольд Ф. И. Письма в ЖЭТФ, 1968, т. 7, № 8, с. 281—283.
- [4] Gross E., Permogorov S., Travnikov V., Selkin A. J. Phys. Chem. Sol., 1970, vol. 31, № 12, p. 2595—2606.
- [5] Гросс Е. Ф., Пермогоров С. А., Травников В. В., Селькин А. В. ФТТ, 1971, т. 13, № 3, с. 699—708.
- [6] Крейнгольд Ф. И., Куликин Б. С., Цуриков В. И. ФТТ, 1978, т. 20, № 7, с. 2191—2195.
- [7] Сырбу Н. Н., Хачатурова С. Б., Стамов И. Г. ФТП, 1984, т. 18, № 8, с. 1498—1500.
- [8] Поплавной А. С., Тупицын В. Е., Тютерева В. Г. Изв. вузов, Физика, 1977, № 5, с. 75—78.
- [9] Лазарев В. Б., Вавилов В. С., Чукичев М. В., Шевченко В. Я., Магомедгаджиев Г. Г., Пальма В. Р. ФТП, 1978, т. 12, № 4, с. 673—677.
- [10] Sobotta H., Neuman H., Syrbi N. N., Riede V. Phys. St. Sol. (b), 1983, vol. 115, № 2, p. K55—K58.
- [11] Уханов Ю. И. Оптические свойства полупроводников. М.: Наука, 1977. 368 с.

Кишиневский политехнический  
институт им. С. Лазо

Поступило в Редакцию  
21 ноября 1984 г.  
В окончательной редакции  
21 марта 1985 г.