

# Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

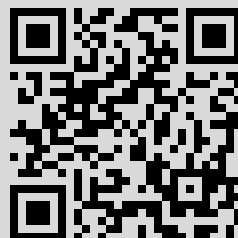
N. N. Syrbu, S. B. Khachaturova, S. I. Radautsan,  
Optical anisotropy of inverse hydrogen-like series lines  
in zinc diphosphide, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1986,  
Volume 288, Number 3, 615–617

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

January 4, 2021, 15:34:07



Н.Н. СЫРБУ, С.Б. ХАЧАТУРОВА, академик АН МССР С.И. РАДАУЦАН

### ОПТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ ЛИНИЙ ОБРАТНОЙ ВОДОРОДОПОДОБНОЙ СЕРИИ В ДИФОСФИДЕ ЦИНКА

С длинноволновой стороны края основного поглощения  $ZnP_2-C_{2n}^5$  наблюдаются водородоподобные серии линий поглощения — прямые, обусловленные свободными экситонными состояниями, и обратная, объясняемая связанным биэлектронно-примесным комплексом [1–4].

В данной работе рассматривается влияние поляризации и направления распространения падающей световой волны на оптические спектры обратной водородоподобной серии (ОВС) линий поглощения и отражения. Измерения проведены на спектрометрах СДЛ-1 и ДФС-24 при температурах 77 и 2 К.

В спектрах кристаллов  $ZnP_2$  при распространении света перпендикулярно оси  $c$  ( $K \perp c$ ) в поляризации  $E \perp c$  обнаруживается ОВС линий поглощения. При этом коэффициент поглощения в максимумах  $n^0 = 4$  и  $n^0 = 5$  равен  $140$  и  $75 \text{ см}^{-1}$  соответственно. В поляризации  $E \perp c$  и  $K \perp c$  коэффициент поглощения в области  $n^0 = 4$  и  $n^0 = 5$  достигает значений  $10^4 \text{ см}^{-1}$ . Кристалл становится практически непрозрачным. В этой поляризации ОВС проявляется в спектрах отражения (рис. 1а). Сопоставление спектров отражения в поляризации  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$  и спектров поглощения в поляризации  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$  показывает, что линии ОВС в поляризации  $E \parallel c$  смещены относительно линий в поляризации  $E \perp c$ . При этом величина смещения увеличивается по мере уменьшения квантового числа  $n^0$ . Линии отражения образуют ОВС с пределом сходимости, расположенным в более высокоэнергетической области, чем предел сходимости ОВС в  $E \perp c$ . В поляризации  $E \parallel c$  наиболее интенсивные максимумы, наблюдаемые в спектрах люминесценции, коррелируют с минимумами отражения [1].

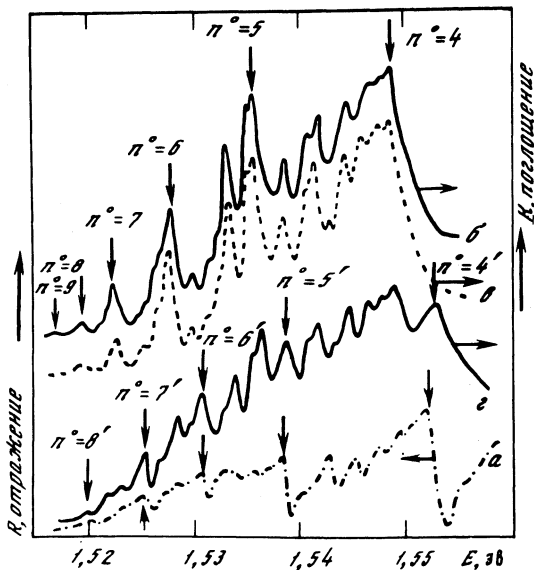


Рис. 1. Спектры отражения кристаллов  $ZnP_2$  при 77К поляризации  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$  (а) и пропускания в поляризации  $E \perp c$  при  $K \parallel a$  (б),  $K \parallel b$  (в),  $K \parallel c$  (г)

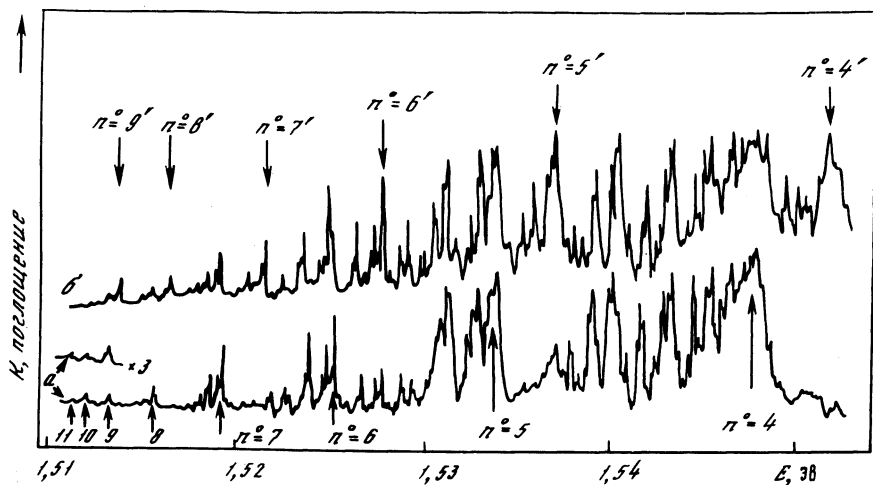


Рис. 2. Спектры поглощения кристаллов  $ZnP_2$  при 2К в поляризации  $E \perp c$  при направлении распространения света  $K \parallel c$  (а) и  $K \parallel b$  (б)

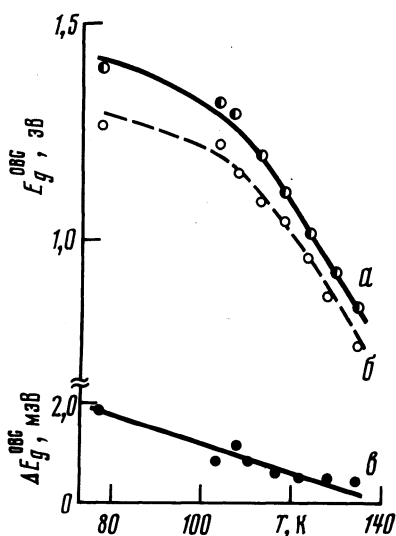


Рис. 3. Температурные зависимости пределов сходимости ОВС в поляризациях  $E \parallel c$  (а),  $E \perp c$  (б) и  $\Delta E_g^{OVC}$  (в)

В области ОВС спектры поглощения измерены при 77 К в поляризации  $E \perp c$  при распространении света в направлениях  $K \parallel a$ ,  $K \parallel b$  и  $K \parallel c$  (рис. 1б, в, г). При распространении света вдоль осей  $a$  и  $b$  величина коэффициента поглощения удовлетворяет неравенству  $K, \text{ см}^{-1}$ :

$$K(E \perp c, K \parallel c) > K(E \parallel a, K \parallel c) > K(E \parallel a, K \perp c, K \parallel a).$$

В поляризации  $E \perp c$  при  $K \parallel c$  в спектрах поглощения с коротковолновой стороны головных линий  $n^0$  проявляются дополнительные линии, обозначенные  $n^0 = 4, 5, 6, \dots$ . Сопоставляя спектры отражения в области ОВС в поляризации  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$  с энергетическим положением  $n^0 = 4, 5, 6, \dots$ , видим, что в спектрах поглощения в поляризации  $E \perp c$ ,  $K \parallel c$  обнаруживаются линии ОВС, присутствующие в поляризации  $E \perp c$ ,  $K \perp c$ , и появляются линии, которые содержатся в спектрах отражения в  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$ .

Некоторые линии ( $n^0 = 5$  и  $n^0 = 4$ ) проявляются и в поляризации  $E \perp c$ ,  $K \perp c$ , но с меньшей интенсивностью. Последнее возможно в силу того, что в  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$

коэффициент поглощения составляет  $10^4 \text{ см}^{-1}$ . Тогда в поляризации  $E \perp c$ ,  $K \parallel c$  линии  $n^0 = 4, 5, 6 \dots$  обнаруживаются как остаточные из-за нестрогой ориентации. Коэффициент поглощения на линиях  $n^0 = 4, 5$  составляет  $(2-4) \cdot 10^2 \text{ см}^{-1}$ . Таким образом, в поляризации  $E \perp c$ ,  $K \parallel c$  присутствуют линии, укладывающиеся в две ОВС. При распространении света вдоль  $K \perp c$  одна присутствует в поляризации  $E \parallel c$  в спектрах отражения, другая в  $E \perp c$  в спектрах поглощения. Последнее подтверждает анизотропию ОВС.

При 77 К энергетическое положение линии  $n^0 = 4'$  равно 1,5517,  $5' - 1,5376$ ,  $6' - 1,5880$ ,  $7' - 1,5234$  и  $8' - 1,5200$  эВ. Постоянная Ридберга для серии  $n^0 = 4', 5', 6', \dots$  равна 0,712 эВ и предел сходимости 1,508 эВ. Для линий ОВС  $n^0 = 4, 5, 6 \dots$  постоянная Ридберга 0,663 эВ, а предел сходимости 1,506 эВ. Предел сходимости ОВС в  $E \parallel c$ ,  $K \perp c$  соответствует пределу сходимости  $n^0 = 4', 5', 6' \dots$  в  $E \perp c$ ,  $K \parallel c$ . Пределы сходимости серий  $n^0 = 4, 5, 6 \dots$  и  $n^0 = 4', 5', 6' \dots$  отличаются на  $\Delta E_g^{\text{ОВС}} = 2 \text{ мЭВ}$  (77К).

В спектрах поглощения в поляризации  $E \perp c$  и направлении света  $K \parallel c$  и  $K \parallel b$  при 2 К, также и при 77К, в поляризации  $E \perp c$  и  $K \parallel c$  появляются дополнительные линии с коротковолновой стороны линий ОВС (рис. 2). Линии при этом содержат тонкую структуру. Появляющиеся (усиливающиеся) линии обозначены индексами  $n^0 = 4', 5', 6', \dots$ . Предел сходимости ОВС с  $n^0$  (без штрихов, т.е. в  $E \perp c$ ,  $K \parallel b$ ) при 2К равен 1,506 эВ, постоянная Ридберга 0,772 эВ. Предел сходимости линий  $n^0$  (со штрихами, т.е. в  $E \perp c$ ,  $K \parallel c$ ) 1,509 эВ, а постоянная Ридберга 0,728. Следовательно, при 2К ОВС также поляризована. Величина разности пределов сходимости  $\Delta E_g^{\text{ОВС}} = E_g^{\text{ОВС}}(E \parallel c) - E_g^{\text{ОВС}}(E \perp c)$  равна  $(2,2 \pm 0,2) \text{ мЭВ}$ . Величина  $\Delta E_g^{\text{ОВС}}$  обусловлена расщеплением из-за обменного взаимодействия уровня положительно заряженного центра, на котором связан биэлектрон. Предполагается, что положительно заряженный локальный центр обусловлен атомами цинка (вакансиями фосфора), периодически распределенными в решетке.

С ростом температуры (77–170К) пределы сходимости в обеих поляризациях, а также  $\Delta E_g^{\text{ОВС}}$  уменьшаются (рис. 3). Уменьшение величины расщепления предела сходимости ОВС с ростом температуры может быть обусловлено увеличением перекрытия волновых функций, ответственных за обменное взаимодействие.

Кишиневский политехнический институт  
им. С. Лазо

Поступило  
13 VIII 1985

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Певцов А.Б., Пермогоров С.А., Селькин А.В. и др. – ФТП, 1982, т. 16, вып. 5, с. 1399.
2. Селькин А.В., Стамов И.Г., Сырбу Н.Н., Уманец А.Г. – Письма ЖЭТФ, 1982, т. 35, вып. 2, с. 51.
3. Сырбу Н.Н., Стамов И.Г., Радауцан С.И. – ДАН, 1982, т. 262, № 5, с. 1138.
4. Сырбу Н.Н., Стамов И.Г., Радауцан С.И. – Изв. АН МССР. Сер. физ.-техн. и матем. наук, 1982, № 1, с. 27.