

Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

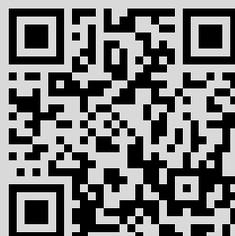
S. I. Radautsan, N. N. Syrbu, S. B. Khachaturova,
G. I. Stratan, L. G. Peev, Effect of the violation of zinc
phosphide stoichiometric composition on the free exciton
spectra, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1990, Volume 311,
Number 4, 866–869

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 23, 2020, 18:06:09



В квантовой теории кооперативного излучения показано [1, 3], что уже при переходе к трехуровневым атомам законы $1/N$ и N^2 нарушаются, а КПД излучения меньше 100%. В нашей задаче, при $\hbar\omega \ll \frac{1}{2}m\omega^2 a^2$, электроны при своем высвечивании проходят через огромное число уровней, поэтому неудивительно, что кооперативное излучение приобретает новые свойства.

Институт физических проблем им. С.И. Вавилова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
10 IV 1989

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.В., Емельянов В.И., Ильинский Ю.А. Кооперативные явления в оптике. М.: Наука, 1988. 100 с.
2. Андреев А.В., Емельянов В.И., Ильинский Ю.А. — УФН, 1980, т. 131, № 4, с. 653–694.
3. Gross M., Haroche S. — Phys. Rep., 1982, vol. 93, № 5, p. 301–396.
4. Железняков В.В., Кочаровский В.В. — ЖЭТФ, 1984, т. 87, № 5, с. 1565–1581.
5. Железняков В.В., Кочаровский В.В., Кочаровский В.В. — Изв. вузов. Радиофизика, 1986, т. 29, № 9, с. 1095–1116.
6. Габитов И.Р., Захаров В.Е., Михайлов А.В. — ЖЭТФ, 1984, т. 86, № 4, с. 1204–1216.
7. Гапонов А.В., Петелин М.И., Юлпатов В.К. — Изв. вузов. Радиофизика, 1967, т. 10, № 9–10, с. 1414–1453.
8. Лорентц Г.А. Теория электронов. Л.; М.: ОНТИ, 1934. 431 с.
9. Вайнштейн Л.А., Вакман Д.Е. Разделение частот в теории колебаний и волн. М.: Наука, 1983. 287 с.
10. Вайнштейн Л.А., Солнцев В.А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. М.: Сов. радио, 1973. 399 с.
11. Bonifacio R., Casagrande F. — Nucl. Instrum. and Meth. in Phys. Res., 1985, vol. A239, № 4, p. 36–42.
12. Канавец В.И., Стабинис А.Ю. — Вестн МГУ, 1973, № 2, с. 186.

УДК 621.315.592

Ф И З И К А

© Академик АН МССР С.И. РАДАУЦАН, Н.Н. СЫРБУ,
С.Б. ХАЧАТУРОВА, Г.И. СТРАТАН, Л.Г. ПЕЕВ

ВЛИЯНИЕ НАРУШЕНИЯ СТЕХИОМЕТРИИ СОСТАВА ДИФОСФИДА ЦИНКА НА СПЕКТРЫ СВОБОДНОГО ЭКСИТОНА

В кристаллах ZnP_2 черной модификации в области длинноволнового края поглощения обнаружена богатая структура уровней, обусловленная состояниями свободных экситонов [1–4]. Показано существование трех типов кристаллов дифосфида цинка, оптические спектры экситонов которых различаются [1, 2, 5].

В настоящей работе исследованы экситонные водородоподобные состояния двух новых типов кристаллов ZnP_2 в поляризациях $E \parallel c$ (спектры отражения) и $E \perp c$ (спектры поглощения) и сопоставлены с оптическими спектрами, ранее описанными в [1, 2, 5]. Показано изменение структуры и параметров оптических спектров экситонов в зависимости от нарушения стехиометрии состава дифосфида цинка.

На рис. 1, а представлены спектры отражения в поляризации $E \parallel c$ кристаллов ZnP_2 черной модификации, в которых обнаружены две разрешенные экситонные серии, основные состояния ($n = 1$) которых обозначены А и С [1, 2, 5]. Этот тип кристаллов наиболее близок по стехиометрии к составу ZnP_2 с симметрией C_{2h}^2 . В поляризации $E \perp c$ переходы в экситонные состояния запрещены, и они проявляются в спектрах поглощения (рис. 2а). Результаты рентгеноструктурного анализа

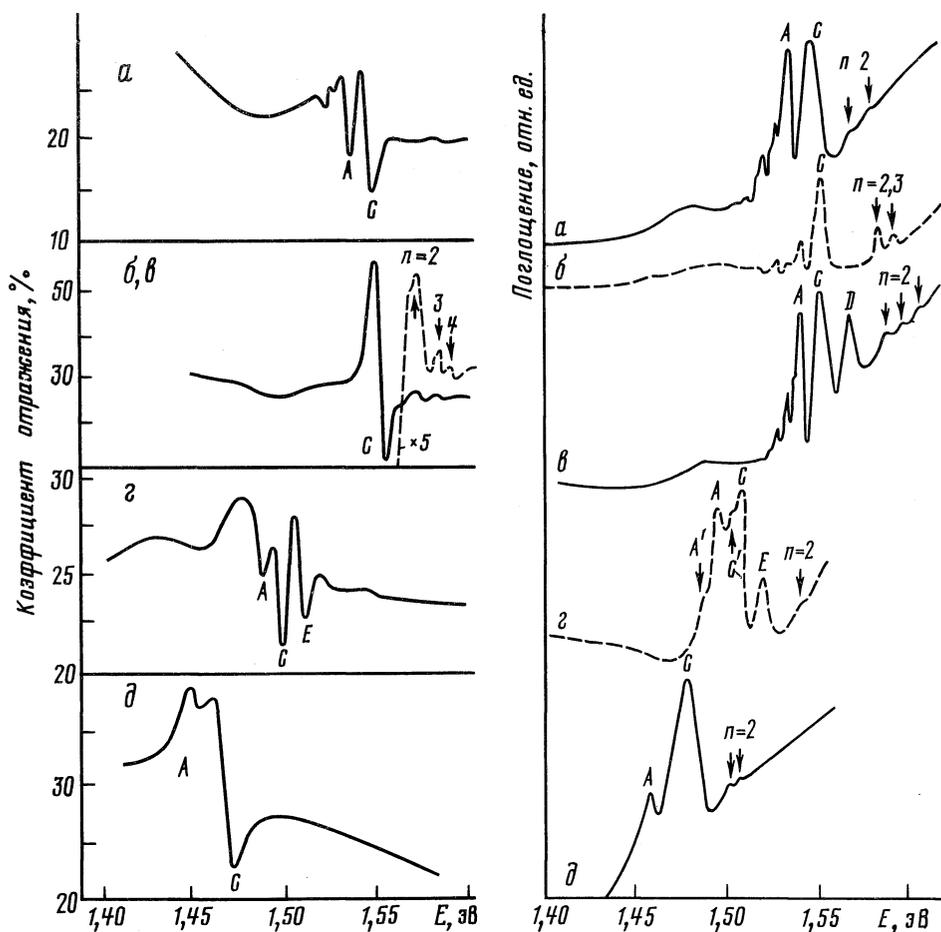


Рис. 1. Экситонные спектры отражения различных типов кристаллов ZnP_2 черной модификации в поляризации $E \parallel c$ при 77 К: *a* – моноклинных симметрии C_2^5 ; *б, в, г, д* – “ромбических” типа I, II, III, IV соответственно

Рис. 2. Экситонные спектры поглощения различных типов кристаллов ZnP_2 черной модификации в поляризации $E \perp c$ при 77 К: *a* – моноклинных симметрии C_2^5 ; *б, в, г, д* – “ромбических” типа I, II, III, IV соответственно

(параметры решетки) и основные параметры экситонов (предел сходимости E_g и энергия связи R) приведены в табл. 1.

Кристаллы ZnP_2 черной модификации получены из газовой фазы. Область гомогенности для соединений $A^{II}B_2^V$ составляет ~ 2 ат.% P [6], что позволяет исследовать влияние отклонений от стехиометрии (по фосфору) на оптические спектры ZnP_2 . Избыточное относительно стехиометрии содержание фосфора приводит к получению монокристаллов, обладающих характерными признаками двойников. При этом двойникование происходит в размерах нескольких постоянных моноклинной решетки, что приводит к ромбической (D_2^4) макросимметрии [1, 2, 5] (табл. 1, параметр решетки a определить не удалось, поскольку кристаллы подобны двойникам). На рис. 1б представлены спектры отражения кристаллов такого типа (тип I), в которых линия $n = 1$ имеет наиболее совершенную форму с точки зрения экситон-

Т а б л и ц а 1

Параметры решетки и экситонов в кристаллах ZnP_2 при 77 К

Пр.гр.	Параметры решетки				Экс. серии	Параметры экситонов		Данные
	a , А	b , А	c , А	β , град		E_g , эВ	R , эВ	
$C_{\frac{1}{2}h}^s$	8,85	7,2	7,56	102,3	A	1,596	0,046	[1, 2, 5]
					C	1,601	0,034	
$D_{\frac{1}{2}}^4(I)$	—	7,1	7,56	90	C	1,603	0,044	[1, 2, 5]
$D_{\frac{1}{2}}^4(II)$	—	7,3	7,6	90	C	1,603	0,048	[5]
$D_{\frac{1}{2}}^4(III)$	—	7,9	7,7	90	A	1,602	0,044	
					C	1,603	0,048	
					E	1,604	0,042	
$D_{\frac{1}{2}}^4(IV)$	—	7,3	7,8	90	A	1,497	0,045	
					C	1,514	0,043	

ных представлений [7]. Дальнейшее нарушение стехиометрии в сторону увеличения содержания фосфора также приводит к получению кристаллов "ромбического" типа (тип. II, табл. 1) [5]. Спектры отражения этого типа кристаллов в поляризации $E \parallel c$ содержат одну разрешенную экситонную серию C , т.е. идентичны спектрам отражения кристаллов типа I (рис. 1, в). Однако в поляризации $E \perp c$ в спектрах поглощения этих кристаллов обнаруживается дополнительная серия экситонных линий D (рис. 2, в). Она проявляется только в спектрах поглощения и интенсивность переходов в основном состоянии близка (равна) к интенсивности запрещенных линий $n = 1 A$ - и C -экситонов [5].

При значительном отклонении от стехиометрии были получены кристаллы ZnP_2 черной модификации типа III (табл. 1). В спектрах отражения таких кристаллов наблюдаются три полосы A , C и E (рис. 1), которые обусловлены S -состояниями экситонов. Сила осциллятора этих переходов по сравнению с аналогичными переходами в кристаллах типа I и II (рис. 1, б, в) в 5–6 раз меньше. В спектрах поглощения также обнаруживаются линии A , C , E и дополнительные полосы A' и C' (рис. 2, з). В этих кристаллах полоса $n = 1 E$ -экситона обнаруживается при энергии 1,512 эВ, а линии $n = 1 A$ - и C -экситонов смещены в длинноволновую область относительно трех вышеуказанных типов соответственно на 49,6 и 47,7 мэВ. В коротковолновой области спектра наблюдается пик при 1,537 эВ, который, возможно, связан с переходом в состояние $n = 2$ наиболее интенсивной серии C -экситона.

В кристаллах, полученных на границе области гомогенности (тип IV), в поляризации $E \parallel c$ в спектрах отражения присутствуют две линии A и C , обусловленные основными состояниями экситонов, причем полоса $n = 1 A$ -экситона значительно слабее, чем C -экситона (рис. 1, д). В спектрах поглощения ($E \perp c$) также обнаруживаются соответствующие линии A - и C -экситонов (рис. 2, д) при 1,449 и 1,466 эВ. Из спектральных положений резонансных энергий состояний $n = 2$ и $n = 3$ определены экситонные постоянные Ридберга R и соответствующие межзонные энергетические зазоры E_g (табл. 1). Для этого типа кристаллов наблюдается смещение экситонных серий в инфракрасную область спектра на 85 мэВ по сравнению с аналогичными спектрами кристаллов типа I.

Исследования спектров отражения в глубине полосы собственного поглощения также показывают, что нарушение стехиометрии состава ZnP_2 в сторону увеличения фосфора вызывает смещение максимумов отражения в длинноволновую

область в широком интервале энергий 1–6 эВ. Таким образом, отклонение от стехиометрии в кристаллах дифосфида цинка приводит: 1) к уменьшению межзонной ширины запрещенной зоны и энергетических интервалов во всей зоне Бриллюэна; 2) к изменению параметров экситонных переходов, а именно, правил отбора (разрешение и запрет), энергетического положения и силы осциллятора.

Кишиневский политехнический институт
им. С. Лазо

Поступило
18 IV 1989

ЛИТЕРАТУРА

1. Певцов А.Б., Пермогоров С.А., Селькин А.В. и др. – ФТП, 1982, т. 16, вып. 8, с. 1399–1405.
2. Сырбу Н.Н., Стамов И.Г., Радауцан С.И. – Изв. АН МССР. Сер. физ.-техн. и матем. наук, 1982, № 1, с. 27–34.
3. Соболев В.В., Козлов А.И., Тычина И.И., Романюк П.А. – Письма в ЖЭТФ, 1982, т. 34, вып. 3, с. 115–118.
4. Berg R.S., Yu R.Y. – Solid State Communs, 1983, vol. 46, № 2, p. 101–104.
5. Лазарев В.Б., Шевченко В.Я., Маренкин С.Ф. – Неорг. материалы, 1979, т. 15, № 10, с. 1701–1712.
6. Сырбу Н.Н., Мамаев В.М. – ФТП, 1983, т. 17, вып. 4, с. 694–698.
7. Hopfeld J.J., Thomas D.G. – Phys. Rev., 1963, vol. 132, № 2, p. 563–572.