

29.7 эВ в спектрах отражения ВТО могут быть связаны с переходами $5d_{5/2} \rightarrow 6p_{3/2}$, $5d_{3/2} \rightarrow 6p_{1/2}$, $5d_{3/2} \rightarrow 6p_{3/2}$ в ионе Bi^{3+} .

Спектральная зависимость $\epsilon_{\text{эфф}}$ (рис. 2), характеризующая поляризацию электронных оболочек, показывает, что наибольший вклад в $\epsilon_{\text{эфф}}$ дают оптические переходы, соответствующие А- и В-полосам поглощения с максимумами при 5.2 и 15 эВ, хотя и разность $\delta\epsilon = \epsilon_0 - \epsilon_{\text{эфф}} = 0.5$, где ϵ_0 — статическая диэлектрическая проницаемость, указывает на необходимость учета поляризуемости глубоколежащих уровней ($h\nu \geq 20$ эВ). Спектральная зависимость $n_{\text{эфф}}$ указывает на наличие трех участков на кривой $n_{\text{эфф}}(h\nu)$ (7.5, 15.0, 31 эВ), связанных соответственно с участием в оптических переходах $2p$ -электронов кислорода, d -электронов висмута и s -электронов кислорода.

Л и т е р а т у р а

- [1] Петров М. П., Пикалев А. С., Хоменко А. В. В сб.: Пространственные модуляторы света. Л.: Наука, 1977, с. 42—53.
- [2] Эфендиев Ш. М., Мамедов А. М., Багиев В. Э., Эйвазова Г. М. ЖТФ, 1981, т. 51, № 8, с. 1755—1757.
- [3] Эфендиев Ш. М., Мамедов А. М., Багиев В. Э., Эйвазова Г. М. ФТТ, 1980, т. 22, № 12, с. 3705—3707.
- [4] Efendiev Sh. M., Bagiev V. E., Zejnally A. Kh. et al. Phys. St. Sol. (a), 1981, vol. 63, N 1, p. K19—K22.
- [5] Довгий Я. О., Заморский М. К., Михайлин В. В., Колобанов В. Н. Изв. вузов. Физика, 1986, т. 29, № 4, с. 110—112.
- [6] Реза А. А., Сенулене Д. Б., Беляев В. А., Монов Е. И. Письма в ЖТФ, 1979, т. 5, № 8, с. 465—469.
- [7] Futro A. T. J. Phys. Chem. Sol., 1979, vol. 40, N 1, p. 201—207.
- [8] Глушкин Е. С., Кочубей В. А. Космич. исслед., 1980, т. 18, № 3, с. 476—480.
- [9] Kluecker R., Nielsen U. Comp. Phys. Commun., 1973, vol. 6, N 1, p. 187—193.
- [10] Efendiev Sh. M., Kulieva T. Z., Lomonov V. A. et al. Phys. St. Sol. (a), 1982, vol. 74, N 1, p. K17—K21.
- [11] Abrahams S. C., Bernstein J. L., Svensson C. J. Chem. Phys., 1979, vol. 71, N 2, p. 788—792.
- [12] Leonhardt G., Neumann H. Phys. scripta, 1977, vol. 16, N 5—6, p. 448—451.
- [13] Нокс Р., Голд А. В кн.: Симметрия в твердом теле. М.: Наука, 1970. 424 с.
- [14] Иванов В. Ю., Кружалов А. В., Каргин Ю. Ф. и др. ФТТ, 1986, т. 28, № 5, с. 1479—1483.

Азербайджанский государственный университет им. С. М. Кирова
Баку

Поступило в Редакцию
26 февраля 1988 г.
В окончательной редакции
25 мая 1988 г.

УДК 537.311,322 : 538.61

Физика твердого тела, том 30, в. 10, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 10, 1988

СПИНОВОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ЭКСИТОННОГО СОСТОЯНИЯ В МАГНИТОСМЕШАННЫХ КРИСТАЛЛАХ $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{I}_2$

А. И. Савчук, Б. Е. Деркач

Одним из характерных признаков существования обменного взаимодействия зонных носителей заряда с электронами незаполненной d -оболочки иона Mn^{2+} в магнитосмешанных твердых растворах является обнаружение во внешнем магнитном поле больших спиновых расщеплений экситонных состояний. Из полученных ранее для $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{I}_2$ результатов [1-5] следует выделить данные по выявлению усиления межзонного эффекта Фарадея [1, 3], свидетельствующие о существенности носитель-ионного обменного взаимодействия, однако попытка зарегистрировать гигантское спиновое расщепление при изучении экситонного магнитоотражения оказалась безуспешной.

В настоящей работе сообщается о результатах первых наблюдений зеемановского спинового расщепления экситонной линии поглощения на основе исследования магнитопоглощения и эффекта Фарадея в $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{I}_2$. В отличие от условий экспериментов [1] измерения проводились на тонких монокристаллических образцах ($d \leq 1$ мкм), приготовленных по методике [4]. Спектры экситонного магнитопоглощения регистрировались

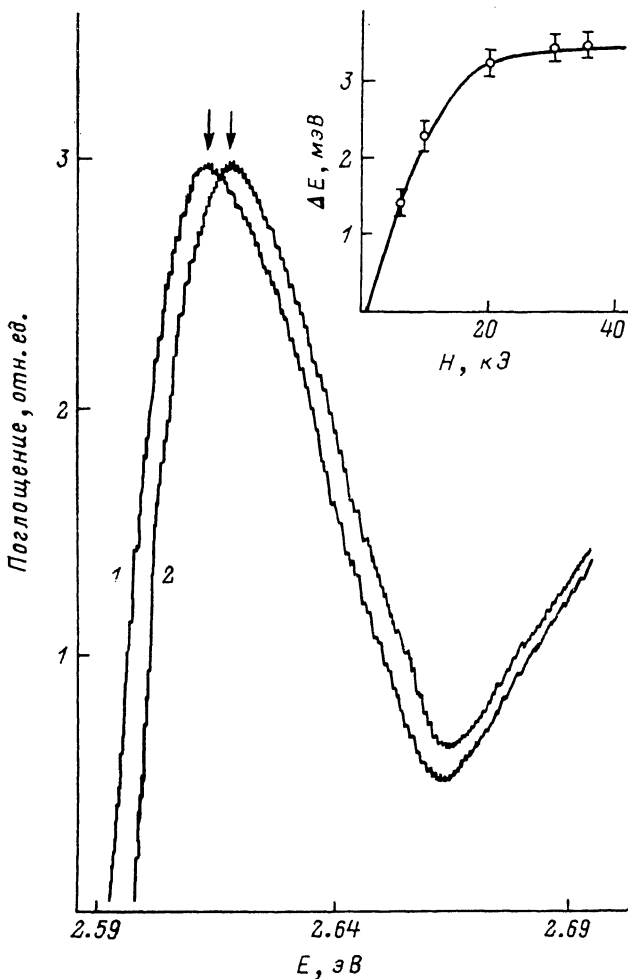


Рис. 1. Спектры поглощения кристаллов $\text{Pb}_{0.92}\text{Mn}_{0.08}\text{I}_2$ в магнитном поле $H=30$ кЭ при $T=5$ К.

1 — поляризация σ^- , 2 — поляризация σ^+ . На вставке — магнитопольевая зависимость спинового расщепления.

в циркулярно-поляризованном свете для конфигурации Фарадея в магнитных полях до $H_{\text{макс}}=35$ кЭ при $T=5$ К.

Спектр поглощения PbI_2 при 5 К содержит развитую структуру экситона Ванье—Мотта с членами серии $E_1=2.498$, $E_2=2.521$, $E_3=2.540$ эВ. Для смешанных кристаллов переходы в возбужденные экситонные состояния сильно уширены, а основная экситонная полоса испытывает коротковолновый сдвиг, описываемый в интервале составов $x \leq 0.15$ коэффициентом $dE_1/dx=1.25 \pm 0.05$ эВ. В результате введения в решетку PbI_2 магнитных ионов Mn^{2+} , замещающих атомы Pb, следует ожидать появления взаимодействия локализованных на них спиновых моментов со спинами носителей, образующих экситон. В свою очередь такое взаимодействие должно вызвать спиновое расщепление экситонного состояния, причем в конфигурации $\mathbf{H} \parallel c$ активны по два перехода в π и σ^+ , σ^- поля-

ризованном свете [1]. Действительно, пример записи экситонной полосы поглощения в σ^+ и σ^- поляризациях (рис. 1) иллюстрирует спиновое расщепление в образце с $x=0.08$. Достоверность такой идентификации, несмотря на малую величину расщепления ΔE (заметно меньшую ширины экситонной полосы), подкрепляется практически симметричным смещением всей полосы при изменении поляризации от σ^+ к σ^- . Характерно также, что магнитолевая зависимость ΔE (вставка к рис. 1), определяемая по смещению длинноволнового крыла экситонной полосы, имеет вид, типичный для класса магнитосмешанных кристаллов, и аппроксимиру-

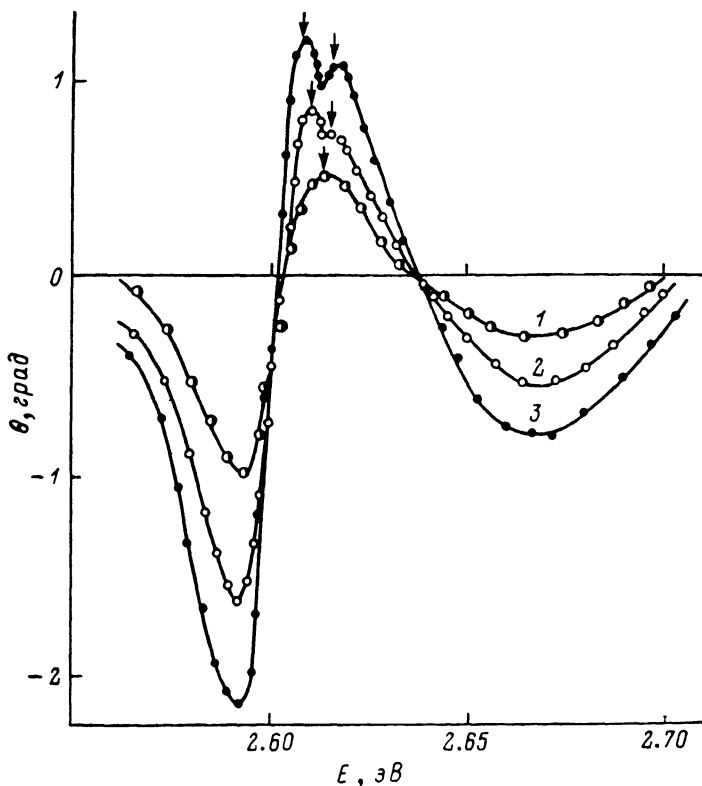


Рис. 2. Дисперсия фарадеевского вращения в $\text{Pb}_{0.92}\text{Mn}_{0.08}\text{I}_2$ при $T=5$ К.
 H , кЭ: 1 — 5, 2 — 15, 3 — 20.

ется бриллюэновской функцией $B_s(a)$, описывающей больцмановское распределение состояния со спином $S=5/2$ по зеemanовским компонентам.

Дополнительные сведения о спиновом расщеплении получены при исследовании эффекта Фарадея в экситонной области. На спектральной зависимости фарадеевского вращения (рис. 2) по мере роста магнитного поля отчетливо обнаруживается провал в области положительного максимума, который можно интерпретировать в рамках проявления зеemanовского расщепления линии поглощения для случая одинаковой интенсивности компонент дублета. Кроме того, имеет место значительное усиление величины фарадеевского вращения, сопровождающееся изменением направления вращения в смешанных кристаллах по сравнению с PbI_2 , как и в экспериментах с толстыми образцами [1].

Полученные данные о величине спинового расщепления двумя методами согласуются между собой и позволяют провести оценку суммы обменных констант для кристаллов $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{I}_2$. Наблюдаемое спиновое расщепление экситонного терма можно представить (пренебрегая расщеплением из-за непосредственного воздействия магнитного поля на спины носителей) в виде $\Delta E = xN_0(J_e + J_h) \langle S_z \rangle$, где J_e, h — обменные интегралы, N_0 — число катионных состояний в единице объема. Среднее значение

z -компоненты ($\mathbf{H} \parallel z$) намагниченности магнитопримесной подсистемы $\langle S_z \rangle$ определяется выражением

$$\langle S_z \rangle = -S_0 B_{s_{1/2}}(5g\mu_B H/2k(T + T_0)).$$

Здесь $B_{s_{1/2}}(a)$ — функция Бриллюэна, $g=2$, μ_B — магнетон Бора, S_0 — величина насыщения намагниченности, $(T + T_0)$ — эффективная температура. Значения параметров S_0 и T_0 оценивались по магнитолевой зависимости расщепления $\Delta E(H)$ и из температурной зависимости фарадеевского вращения $\theta(T)$ соответственно. Значения параметров S_0 , T_0 вместе в оцененной величиной $N_0(J_s + J_h)$ согласуются с соответствующей оценкой при исследовании межзонного эффекта Фарадея для состава $x=0.03$ [1] (см. таблицу).

Параметры,
характеризующие обменное взаимодействие
в магнитосмешанных кристаллах $Pb_{1-x}Mn_xI_2$

x	$\Delta E_{экс}, \text{ мэВ}$ ($H = 30 \text{ кЭ}, T = 5 \text{ К}$)	S_0	$T_0, \text{ К}$	$N_0(J_s + J_h), \text{ эВ}$
0.05	3.0 ± 0.5	0.7	1.0	-0.05 ± 0.02
0.08	3.5 ± 0.5	0.5	1.5	-0.06 ± 0.02

Совокупность полученных для кристаллов $Pb_{1-x}Mn_xI_2$ экспериментальных данных — наличие спинового расщепления экситонной линии, характерная магнитолевая зависимость величины расщепления, форма дисперсионной кривой фарадеевского вращения, магнитолевая и температурная зависимости эффекта Фарадея — свидетельствуют о том, что для них весьма существенны эффекты $s, p-d$ обменного взаимодействия. Открытым пока остается вопрос о том, какое именно своеобразие в проявлении $s, p-d$ обменного взаимодействия привносит слоистая структура исследуемых твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xI_2$.

Л и т е р а т у р а

- [1] Абрамишвили В. Г., Комаров А. В., Рябченко С. М. и др. ФТТ, 1987, т. 29, № 4, с. 1129—1134.
- [2] Бродин М. С., Блонский И. В., Каратаев В. Н. и др. ФТТ, 1987, т. 29, № 6, с. 1723—1729.
- [3] Савчук А. И., Деркач Б. Е., Ватаманюк П. П., Ляхович А. Н. Тез. докл. Всес. конф. «Тройные полупроводники и их применение». Кишинев, 1987, т. 2, с. 137.
- [4] Савчук А. И., Деркач Б. Е., Ляхович А. Н. ФТП, 1987, т. 21, № 9, с. 1721—1723.
- [5] Савчук А. И., Деркач Б. Е., Ватаманюк П. П. ФТП, 1988, т. 22, № 3, с. 512—514.

Черновицкий
государственный университет
Черновцы

Поступило в Редакцию
30 марта 1988 г.
В окончательной редакции
25 мая 1988 г.

КОЭФФИЦИЕНТ ДИФФУЗИИ ВИНТОВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ МЕХАНИЗМОМ ДВОЙНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ

Г. А. Малыгин

Винтовые дислокации, перемещаясь в своей основной плоскости скольжения, могут из нее выходить в параллельную плоскость механизмом двойного поперечного скольжения (ДПС). Экспериментальным свиде-