

в рассматриваемом случае наблюдаются гораздо более высокие значения  $T_f$ . Весьма вероятно, что это связано с наличием в  $\text{Ga}_x\text{M}$  сильной анизотропии, так как в смысле обменного взаимодействия обе системы довольно близки.

Таким образом, в результате проведенных в работе исследований установлено, что в системе разбавленных анизотропных многоподрешеточных ферромагнетиков  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Ga}_x\text{O}_{19}$  при содержании немагнитных ионов  $\text{Ga}^{3+}$   $x > 4$  в области низких температур реализуются неупорядоченные неэргодичные состояния типа СС. Построена концентрационная фазовая  $x$ - $T$ -диаграмма, особенностью которой являются высокие значения температур замерзания  $T_f(0)$ .

#### 【Список литературы】

- [1] Kojima H. Fundamental properties of hexagonal ferrites with magnetoplumbite structure. Ferromagnetic materials. A handbook on the properties of magnetically ordered substances. V. 3. North-Holland Publishing Company, 1982. P. 1—391.
- [2] Hubsch J., Gavaille G., Bolfa J. // J. Appl. Phys. 1978. V. 49. N 3. Pt 11. P. 1363—1365.
- [3] Villain J. // Z. Phys. B. 1979. V. 33. N 1. P. 31—42.
- [4] Ефимова Н. Н., Пошков Ю. А., Ткаченко Н. В. // ЖЭТФ. 1986. Т. 90. № 4. С. 1413—1420.
- [5] Ефимова Н. Н., Пошков Ю. А., Ткаченко Н. В. // ФНТ. 1988. Т. 14. № 9. С. 981—984.
- [6] Brand R. A., Georges-Gibert H., Hubsch J., Heller J. A. / J. Phys. F. 1985. V. 15. N 9. P. 1987—2007.
- [7] Ефимова Н. Н., Ткаченко Н. В., Борисенко А. В. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 5. С. 1331—1337.
- [8] Fisher K. H. // Phys. St. Sol. 1983. V. B116. N 2. P. 357—414; 1985. V. B130. N 1. P. 13—71.
- [9] Гинзбург С. Л. // Использование ядерных реакторов и ускорителей в физике конденсированного состояния. Л., РТП, ЛИЯФ, 1986. С. 3—277.
- [10] Ефимова Н. Н., Мамалуй Ю. А., Ольховик Л. П. // Тез. докл. V межотраслевой конф. по ферритам. Донецк, 1975. С. 154.
- [11] de Almeida J. R. L., Tholess D. J. // J. Phys. 1978. V. A11. N 5. P. 983—990.

Харьковский государственный  
университет им. А. М. Горького  
Харьков

Поступило в Редакцию  
24 ноября 1988 г.

УДК 548.571.548.4

Физика твердого тела, том 31, в. 6, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 6, 1989

## ОСОБЕННОСТИ РАСПАДА ЭКСИТОНОВ НА СТРУКТУРНЫЕ ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛАХ ГАЛОИДОВ АММОНИЯ

К. С. Бактыбеков, Л. М. Ким, Л. А. Кукетаев,  
О. Д. Пах, В. М. Юров

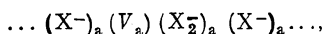
Основной причиной радиационной неустойчивости щелочно-галогидных кристаллов (ЩГК) является безызлучательный распад экситонов на структурные дефекты. При этом образуются стабильные френкелевские дефекты, первичными из которых являются  $F$ -,  $H$ -пары [1]. Аммонийно-галогидные кристаллы (АГК) являются ближайшими аналогами по типу химической связи и кристаллической решетке ЩГК. Однако в них не обнаружены  $F$ - и  $H$ -центры после воздействия ионизирующей радиацией ни оптическими методами, ни ЭПР [2].

При облучении УФ светом кристаллов  $\text{NH}_4\text{Br}$  в экситонной полосе поглощения при температуре жидкого азота наблюдается возникновение полосы дополнительного поглощения с максимумом 390 нм. При тем-

температуре выше 120 К наведенная полоса поглощения исчезает. Оптические и термические свойства позволяют приписать данную полосу поглощения  $V_k$ -центрам, параметры которых хорошо изучены в АГК [2]. Таким образом, возбуждение электронной подсистемы и безызлучательный распад элементарных возбуждений в АГК приводят к образованию автолокализованной дырки ( $V_k$ -центр). Электронный центр обнаружен не был.

Исследования экситонных процессов в АГК показали, что для автолокализованного экситона справедлива, как и в ЩГК, двухгалоидная модель [3]. Поэтому предполагается, что процессы безызлучательного распада экситонов в АГК и ЩГК идентичны. Однако наблюдаемые особенности связаны с наличием в галоидах аммония комплексного катиона  $NH_4^+$ .

При образовании  $H$ -центра в результате рентгеновского облучения электрон проводимости в ЩГК захватывается анионной вакансией. В АГК эффективным стоком электронов является также и комплексный катион  $NH_4^+$ . При захвате катионом электрона образуется неустойчивый комплекс  $NH_3^0$ , который безактивационно распадается на  $NH_3$  и  $H^0$  [4]. Атомарный водород в АГК не обнаружен, хотя именно он является одним из фрагментов при образовании центров типа  $NH_3X$  [2] и  $NH_3^0$  [5] ( $X$  — атом галогена). Авторы работы [2] предполагают, что атомы водорода в решетке АГК подвижны и могут образовывать молекулярные центры типа  $H_2$ , которые непарамагнитны и оптически неактивны в УФ и видимой области спектра. В анионной подрешетке в результате облучения образуется следующая конфигурация:



где  $(X^-)_a$  — анион в узле решетки,  $(V_a)$  — анионная вакансия,  $(X_2^-)_a$  —  $H$ -центр. Рекомбинация электронов с  $(X_2^-)_a$  проявляется в виде свечения свободных экситонов в УФ области [3], но часть центров указанной выше конфигурации стабилизируется в виде  $V_k$ -центров. Это следует из того, что первоначальная конфигурация электростатически неустойчива по отношению к сдвигу центра тяжести  $(X_2^-)_a$  в сторону анионной вакансии. Таким образом, в результате распада экситонов в АГК создаются  $V_k$ -центр, что наблюдалось нами экспериментально, и  $NH_3^0$ -центр, играющий роль электронного центра. О наличии мощного стока для электронов в АГК свидетельствуют эксперименты по накоплению  $V_k$ -центров. Концентрация  $V_k$ -центров не испытывает насыщения при увеличении экспозиционной дозы облучения рентгеновскими лучами [2]. По нашему мнению, электроны захватываются комплексным катионом  $NH_4^+$ , что обеспечивает отсутствие насыщения в накоплении  $V_k$ -центров. Центр  $NH_3^0$  непарамагнитен и оптически неактивен. Однако при изучении АГК методом термостимулированной деполяризации один из пиков полученной кривой отнесен к  $NH_3^0$  [5].

Из предложенного процесса распада экситонов на стабильные дефекты в кристаллической решетке АГК следует, что стадию образования  $H$ -центров можно зафиксировать, нарушив каким-либо образом локальную электронейтральность в данном участке кристалла. Нами методами оптической и термоактивационной спектроскопии были изучены галоиды аммония, активированные двухвалентными ионами иттербия и европия, после облучения рентгеновскими лучами при температуре жидкого азота. По своим термооптическим свойствам полосы дополнительного поглощения, например, с максимумом на 334 нм в  $NH_4Cl$ —Yb и 354 нм в  $NH_4Br$ —Eu были сопоставлены с  $H_z$ -центрами, т. е.  $H$ -центры, стабилизированные примесными ионами. Образование  $H_z$ -центров свидетельствует о существовании предлагаемой промежуточной стадии распада экситонов.

Таким образом, имеющиеся экспериментальные результаты и литературные данные согласуются с предложенной схемой образования структурных дефектов в АГК при безызлучательном распаде экситонов. Роль

электронного центра, по-видимому, играют комплексы  $\text{NH}_3$ . Специфика образования дефектов кристаллической решетки АГК обусловлена свойствами комплексного катиона  $\text{NH}_4^+$ .

### Список литературы

- [1] Луцкич Ч. Б., Витол И. К., Эланго М. А. // УФН. 1977. Т. 122. № 2. С. 223—251.
- [2] Vannotti L., Zeller H. R., Bachmann K., Känzig W. // Phys. Kondes. Materie. 1967. Bd 6. N 1. P. 51—94.
- [3] Кукетаев Т. А. // Изв. АН КазССР, сер. физ.-мат. 1984. № 6. С. 9—12.
- [4] Бактыбеков К. С., Кукетаев Т. А., Клим Л. М. // Тез. докл. IX Всес. совещ. по кинетике и механизму химических реакций на поверхности и в твердом теле. Алма-Ата, 1986. С. 46—47.
- [5] Berteit P., Kessler A., List T. // Z. Physik B. 1976. V. 24. N 1. P. 15—23.

Карагандинский государственный университет  
Караганда

Поступило в Редакцию  
5 июля 1988 г.  
В окончательной редакции  
30 ноября 1988 г.

УДК 537.6 : 539.32

Физика твердого тела, том 31, в. 6, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 6, 1989

## ОСОБЕННОСТИ УПРУГОГО ПОВЕДЕНИЯ $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 4.2—300 К

Т. П. Сорокина, О. П. Квашнина, А. М. Капитонов

Феррит  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  известен как аномальный антиферромагнетик (АФМ): температура Нееля  $T=9\div 10$  К экспериментально установлена по пику теплоемкости [1], из результатов нейтронографических исследований [2], по температурной зависимости обратной восприимчивости [3]. Упомя-

Таблица 1

Скорости распространения упругих волн  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  феррита при температуре 300 К

Обозначение	Направление		Скорость распространения упругих волн, м/с
	распространения $k$	смещения $u$	
$v_1$	[111]	[111]	$7669 \pm 5$
$v_2$	[111]	$\perp$ [111]	$3527 \pm 3$
$v_3$	[110]	[110]	$7468 \pm 5$
$v_4$	[110]	[ $\bar{1}10$ ]	$3102 \pm 2$
$v_5$	[110]	[001]	$4270 \pm 3$
$v_6$	[100]	[100]	$6868 \pm 5$

Таблица 2

Упругие постоянные  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  феррита при температуре 300 К

$ij$	$C_{ij}, 10^{10}$ Н/м <sup>2</sup>	
	наст. работа	[5]
11	25.14	26.5
12	14.88	15.7
44	9.72	13.5

нутые исследования указывают на существование в этом кристалле сложной неколлинеарной АФМ структуры, характеризующейся тетрагональной магнитной элементарной ячейкой, которая удвоена в направлении оси  $C$  по сравнению с кристаллографической.

Как известно, акустический метод, чувствительный к изменениям как структуры, так и физических, в частности магнитных, свойств, позволяет существенно расширить информацию о кристалле. В связи с этим ультразвуковым импульсно-фазовым методом [4] на частоте 20 МГц исследованы температурные зависимости скоростей распространения продольных и поперечных упругих волн в монокристалле цинкового феррита в температурном интервале 4.2—300 К. Выбранные для исследований