

модуляционного процесса и соответствующая проекция фазовой траектории на плоскость  $(x_3, x_4)$ . Как показывает численный эксперимент, возникновение хаотических самопульсаций в системе когерентных экситонов и фотонов зависит от величины внешней накачки в области неустойчивости системы. Поверхность в фазовом пространстве, к которой стягиваются траектории, меняется с изменением внешней накачки, а хаотизация в си-

б

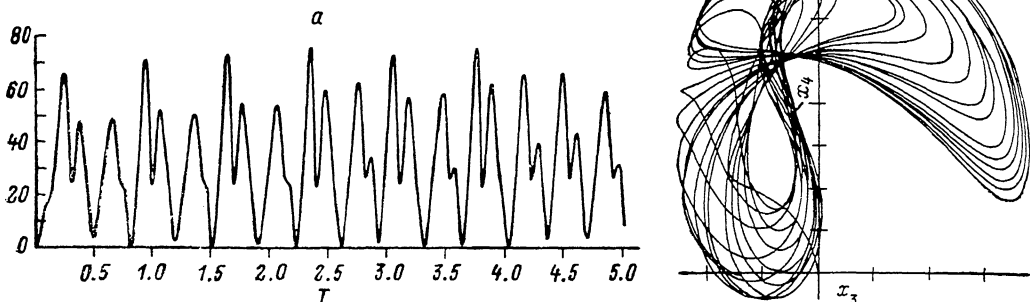


Рис. 2. Возникновение оптической турбулентности (а) и фазовый портрет стохастического аттрактора на плоскость с координатными осями  $(x_3, x_4)$  (б) при  $\sigma=10$ ,  $\alpha=-22.9$ ,  $\delta=46$ ,  $\delta_1=19$ ,  $\delta_2=98$ ,  $P=135$ .

стеме происходит через бифуркации удвоения периода. Численный эксперимент также показал, что в системе возможны прямая и обратная бифуркации Хопфа.

В заключение отметим, что возникающие в системе когерентных экситонов и фотонов самопульсации и соответствующие аттракторы являются более сложными, чем аналогичные автоколебания в модели двухуровневых атомов.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Ikeda K., Daido H., Akimoto O. // Phys. Rev. Lett. 1980. V. 45. N 9. P. 709—712.
- [2] Ораевский А. Н. // Квант. электр. 1981. Т. 8. С. 192—212.
- [3] Firth W. J. // Opt. Comm. 1981. V. 39. P. 343.
- [4] Горшков В. Г., Даниленко Ю. К., Лебедева Т. П., Нестеров Д. А. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 45. № 4. С. 196—199.
- [5] Келдыш Л. В. // Проблемы теоретической физики. М., 1972. С. 433—444.
- [6] Stein-Ross M. L., Gardiner C. W. // Phys. Rev. A. 1983. V. 27. N 1. P. 310—325.

Институт прикладной физики  
АН МССР  
Кишинев

Поступило в Редакцию  
29 июня 1988 г.

УДК 537.635

Физика твердого тела, том 31, в. 3, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 3, 1989

### ЭПР И РЧДН ИОНОВ $\text{Er}^{3+}$ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $\alpha\text{-LiIO}_3$

Д. Л. Джапаридзе, С. В. Алмянган, Д. М. Дараселия, Т. И. Санадзе

Настоящей работой мы начинаем исследования электронного парамагнитного резонанса редкоземельных ионов (РЗ) в монокристаллах  $\alpha\text{-LiIO}_3$ . Подобные исследования проводятся впервые.

Уже первые измерения показали, что стабилизация РЗ ионов в этой решетке характеризуется рядом существенных особенностей по сравнению

с ионами группы железа, которые к настоящему времени в  $\alpha$ -LiIO<sub>3</sub> изучены достаточно подробно [1-6]. Было обнаружено, что ионы Ce, Nd, Gd, Dy, Yb либо не дают спектров ЭПР, либо их интенсивность чрезвычайно мала. При этом пламенно-активационный анализ подтверждает присутствие в кристаллах упомянутых редких земель в концентрации, на один-четыре порядка превышающей ту, которая вытекает из интенсивности спектров ЭПР. Единственное обнаруженное пока исключение составляют ионы Er<sup>3+</sup>, которые дают интенсивный спектр узких линий, коррелирующий с концентрацией ионов в кристалле (а также в шихте).

Другой характерной особенностью РЗ в  $\alpha$ -LiIO<sub>3</sub> является склонность их образовывать множество различных центров. Er<sup>3+</sup> образует по крайней мере 5 различных центров, часть которых исчезает при отжиге. Спектр ЭПР Gd<sup>3+</sup> представляет суперпозицию узких линий аксиального спектра

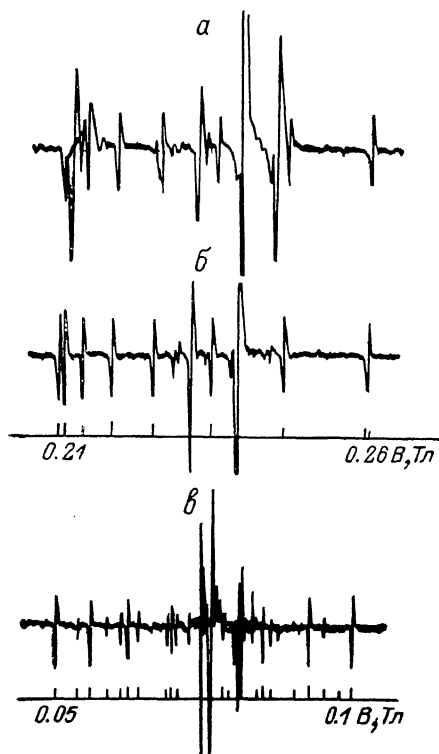


Рис. 1. Спектры ЭПР Er<sup>3+</sup> в  $\alpha$ -LiIO<sub>3</sub>.

Штрихами показан спектр, рассчитанный по приведенным в работе параметрам; короткие штрихи представляют «запрещенные» сверхтонкие переходы  $\Delta m = \pm 2$ . Образец 10<sup>-2</sup> вес. % а — ориентация  $\mathbf{B} \parallel \mathbf{c}$ ; б — после 2 ч отжига в атмосфере при  $T = 180^\circ \text{C}$ , ориентация  $\mathbf{B} \parallel \mathbf{c}$ ; в —  $\mathbf{B} \perp \mathbf{c}$ .

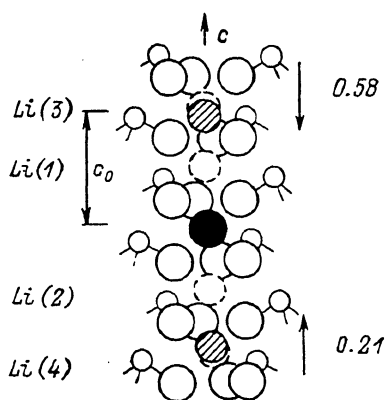


Рис. 2. Модель парамагнитного центра Er<sup>3+</sup>.

Справа приведены смещения ионов лития (в Å).

и широкой линии, напоминающей спектр порошка, с центром  $g \approx 2$  и шириной, примерно совпадающей с протяженностью аксиального спектра.

Ниже будет коротко описан аксиальный центр Er<sup>3+</sup>. Измерения проводились в диапазоне в 3 см при температурах жидкого гелия. Концентрация Er в образцах составляла от 10<sup>-4</sup> до 10<sup>-2</sup> вес. % (в шихте). Кристаллическая структура  $\alpha$ -LiIO<sub>3</sub> описана в [6].

Спектры ЭПР Er<sup>3+</sup> в ориентациях  $\mathbf{B} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{B} \perp \mathbf{c}$  приведены на рис. 1 и описываются аксиальным спин-гамильтонианом

$$\mathcal{H}_s = g_{\parallel} \beta H_x S_x + g_{\perp} \beta (H_x S_x + H_y S_y) + A_{\parallel} S_x I_x + A_{\perp} (S_x I_x + S_y I_y) + P [I_z^2 - \frac{1}{3} I(I+1)],$$

где  $S = 1/2$ ,  $I = 7/2$  (для 23 % изотопа Er<sup>167</sup>). В обеих ориентациях спектр хорошо описывается параметрами:  $g_{\parallel} = 2.772 \pm 0.003$ ,  $g_{\perp} = 8.556 \pm 0.003$ ,  $A_{\parallel} = 281 \pm 1$  МГц,  $A_{\perp} = 892 \pm 4$  МГц,  $P = 71 \pm 4$  МГц.

Для определения модели парамагнитного центра методом радиочастотного дискретного насыщения (РЧДН) [7] были исследованы сверхтонкие взаимодействия Er<sup>3+</sup> с окружающими ядрами Li<sup>7</sup>. Когда угол между магнитным полем и гексагональной осью c кристалла превышал 20°, в линиях ЭПР перестала выжигаться узкая «дыра» и исчезал спектр

дискретного насыщения. Причина этого явления, видимо, в резком уменьшении времени  $T_2$  при повороте кристалла, которое мы обнаружили, причем этот эффект не зависит от концентрации в пределах  $10^{-4}$ — $10^{-2}$  вес.%. По этой причине нам не удалось исследовать спектр РЧДН при  $\mathbf{V} \perp \mathbf{c}$  и определить все компоненты тензоров ССТВ. В ориентации  $\mathbf{V} \parallel \mathbf{c}$  линии РЧДН ядер лития симметричны относительно зеемановской частоты свободных ядер Li и спектр РЧДН совпадает с рассчитанным в дипольном приближении (для ближайших ядер на оси  $\mathbf{c}$  — с учетом смещения в сторону вакансий; рис. 2), как и в случае ионов группы железа [5, 6]. Этот факт, а также детальные измерения спектров РЧДН ионов  $\text{Gd}^{3+}$  в  $\alpha\text{-LiIO}_3$  позволяют сделать вывод, что по крайней мере аксиальные центры трехвалентных РЗ ионов полностью аналогичны трехвалентным ионам группы железа.

Модель центра  $\text{Er}^{3+}$  приведена на рис. 2. Интересно отметить чрезвычайно малую ширину линий ЭПР  $\text{Er}^{3+}$  в  $\alpha\text{-LiIO}_3$ : ширина на полувысоте линии четного изотопа составляет всего 0.58 мТл при  $\mathbf{V} \parallel \mathbf{c}$  и 0.27 мТл при  $\mathbf{V} \perp \mathbf{c}$  (для концентрации  $10^{-2}$  вес.%).

Низкосимметричные центры  $\text{Er}^{3+}$ , которые можно видеть на спектрах рис. 1, детально не изучались, однако их спектры РЧДН свидетельствуют, что эрбий и здесь замещает ионы лития. Понижение симметрии и изменение положений линий ЭПР связаны, по-видимому, с искажением координационного кислородного октаэдра. Позднее будут опубликованы более подробные исследования.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Braüer A., Karthe W. // Phys. St. Sol. (b). 1973. V. 59. P. K131—K133.
- [2] Karthe W., Kühmstedt R. // Phys. St. Sol. (b). 1974. V. 63. P. K5—K6.
- [3] Karthe W. // Acta Phys. Polonica. 1975. V. 47. N 4. P. 553—555.
- [4] Мирзаханян А. А., Петросян А. К., Малоян С. Г. // Изв. АН АрмССР, физика. 1983. Т. 18. С. 315—317.
- [5] Дараселия Д. М., Броер А. // ФТТ. 1977. Т. 19. № 8. С. 1250—1257.
- [6] Daraselia D. M., Braüer A. // Phys. St. Sol.(b), 1982. V. 109. P. 223—231.
- [7] Берулава Б. Г., Мирпашвили Р. И., Дараселия Д. М., Санадзе Т. И. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1983. Т. 47. № 12. С. 2314—2318.

Тбилисский  
государственный университет  
Тбилиси

Поступило в Редакцию  
26 июля 1988 г.

УДК 537.226.82 : 621.319.2

Физика твердого тела. том 31, в. 3, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 3, 1989

## О ПРИРОДЕ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСТВА В ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДЕ

С. Н. Федосов, А. Е. Сергеева

Несмотря на большое число работ, посвященных пироэлектричеству в поливинилиденфториде (ПВДФ), природа этого явления до конца не выяснена. К настоящему времени сформировались две точки зрения, объясняющие пироактивность ПВДФ либо обратимыми изменениями внутренней поляризации, обусловленной сегнетоэлектрическими свойствами кристаллической фазы полимера [1, 2], либо неравномерным по толщине образца распределением объемного заряда [3, 4].

В данном сообщении на основе экспериментальных результатов по температурной зависимости пирокоэффициента пленок ПВДФ, электризованных в коронном разряде, а также по кинетике пироактивности в процессе святия ВАХ, термостимулированной поляризации и деполяри-