

3. Границей возникновения фазы $P2_1/c$ на $P-T$ диаграмме является линия abc , а границей ее исчезновения — линия $dfkl$. Между ними заключена область метастабильных состояний, где в зависимости от предыстории образца может сохраняться фаза $P2_1/c$ либо фазы $R\bar{3}m$ и $\bar{3}$, разграниченные линией bf .

4. Фаза $P2_1/c$ может возникать не только вследствие ФП 1-го рода $R\bar{3}m \rightarrow P2_1/c$ по линии ab , как отмечалось в п. 1, но и в результате ФП 1-го рода $\bar{3} \rightarrow P2_1/c$ по линии bc . Для реализации последнего образец необходимо перевести в состояние $\bar{3}$ ниже линии bc , не пересекая границу возникновения фазы $P2_1/c$, например, путем изотермического сжатия по линии AB , изобарического охлаждения по линии BC и изотермического снижения давления по линии CD . Дальнейший изобарический отогрев образца, например, по линии DF приведет к двум ФП $\bar{3} \rightarrow P2_1/c \rightarrow R\bar{3}m$ при пересечении линий bc и df соответственно. Если охлаждение образца из состояния $R\bar{3}m$ проводить при фиксированном давлении $P < P_k$, то возникшая при пересечении линии ab фаза $P2_1/c$ будет сохраняться и при температурах, лежащих ниже линии bc , а фаза $\bar{3}$ вообще не реализуется.

В хорошем соответствии с $P-T$ диаграммой (рис. 1) находятся результаты исследований магнитных свойств ФСК под давлением. Согласно данным [4], при $P < 30$ МПа ФСК является сверхнизкотемпературным антиферромагнетиком с температурой упорядочения ~ 0.17 К. При давлениях выше 30 МПа происходит смена характера упорядочения на ферромагнитное со скачкообразным понижением температуры до 0.12 К. Такое изменение типа магнитного упорядочения, очевидно, связано с существованием критической величины давления P_k , ограничивающего возникновение магнитной фазы $P2_1/c$. Антиферромагнитное состояние присуще фазе $P2_1/c$, а ферромагнитное — фазе $\bar{3}$.

В заключение авторы выражают благодарность Л. Ф. Черныш за предоставленные образцы, а В. П. Дьяконову и И. М. Фите — за полезные обсуждения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Kodera E, Tovii A., Osaki K., Watanabe T. // J. Phys. Soc. Jap. 1972. V. 32. N. 4. P. 863.
 [2] Ray S., Zalkin A., Templeton D. // Acta Cryst. 1973. V. B29. N 7. P. 2741—2747.
 [3] Кабанова Н. Г., Лукин С. Н., Нейло Г. Н., Черныш Л. Ф. // Кристаллография. 1976. Т. 21. № 6. С. 1235—1237.
 [4] Дьяконов В. П., Зубов Э. Е., Фита И. М. // Тез. докл. XXV Всес. совещ. по физике низких температур. Л., 1988. С. 110—111.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР

Поступило в Редакцию
29 июня 1990 г.

ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ НЕДИАГОНАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ТЕНЗОРА ЛИНЕЙНОГО ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КРИСТАЛЛАХ $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$

С. И. Карабекян

В кристаллах без центра инверсии при однородном освещении в режиме короткозамкнутых электродов появляется стационарный ток. Согласно феноменологической теории [1], выражение для плотности фотовольтаического (ФВ) тока имеет следующий вид:

$$j_i = \beta_{inl}^s E_n E_l + i \beta_{il}^{as} [EE^*]_l,$$

где E_n, E_l — компоненты электрического поля световой волны; $\beta_{inl}^s, \beta_{il}^{as}$ — компоненты соответственно симметричного тензора третьего ранга и псевдотензора второго ранга.

Для кристаллов класса $3m$, к которым относится и $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$, существуют четыре независимые компоненты тензора линейного фотогальванического эффекта (ФГЭ) $\beta_{33}, \beta_{31}, \beta_{22}, \beta_{15}^s$. Три из них $\beta_{33}, \beta_{31}, \beta_{22}$ были ранее измерены в работах [2, 3]. Четвертая компонента β_{15}^s , связанная с пространственно-осциллирующими токами, была оценена при помощи голографической методики [4].

В данной работе впервые проведены измерения недиагональной компоненты

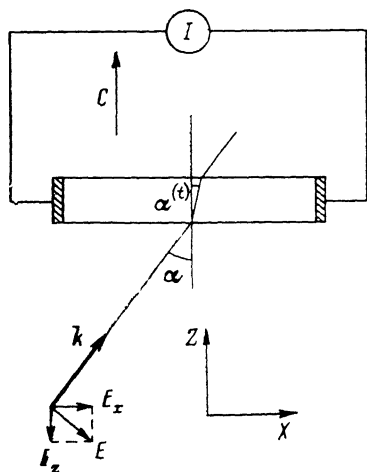


Рис. 1. Схема измерения ФВ тока, определяемого компонентой тензора β_{15}^s .

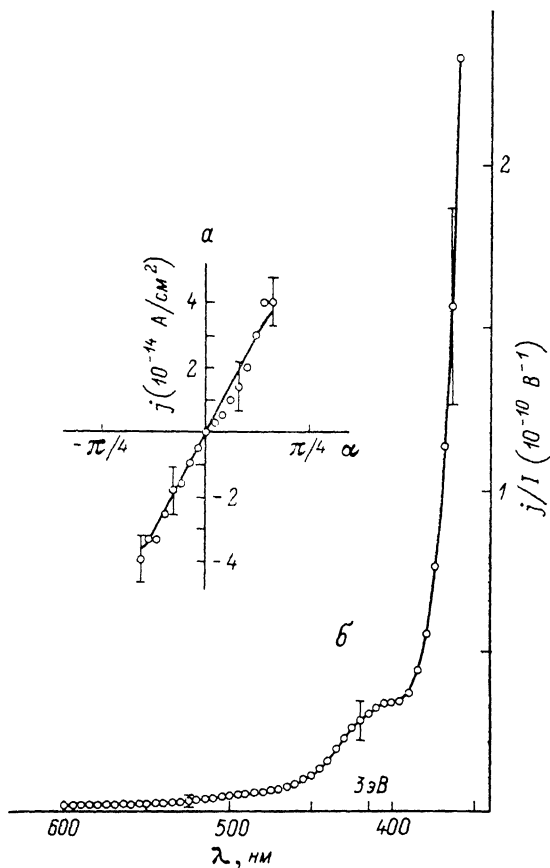


Рис. 2. Угловая зависимость плотности ФВ тока j_x , $\lambda = 470$ нм (а) и спектральная зависимость компоненты тензора β_{15}^s для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (б).

тензора ФГЭ β_{15}^s в кристаллах $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$. Был использован метод, ранее примененный для аналогичных измерений в кристаллах $\text{LiTaO}_3 : \text{Cu}$ [5]. Суть метода заключается в следующем: если на грань XOY кристалла направить свет под углом, лежащим в плоскости XOZ , поляризованный в той же плоскости (рис. 1), то в этом случае в кристалле будет распространяться только необыкновенная волна. Следовательно, линейный ФВ ток, определяемый компонентой β_{15}^s , уже не будет пространственно-осциллирующим. А величина фототока для данной геометрии будет определяться следующим выражением:

$$j_x = \beta_{15}^s I^{(t)} \sin 2\alpha^{(t)}, \quad (1)$$

где $I^{(t)}$ — интенсивность прошедшего света, $\alpha^{(t)}$ — угол между направлением распространения прошедшего луча и нормалью к грани XOY . Интенсивность прошедшего света равна $I^{(t)} = I (1 - R_{\parallel})$, где $R_{\parallel} = \text{tg}^2(\alpha - \alpha^{(t)}) / \text{tg}^2(\alpha + \alpha^{(t)})$ — отражательная способность кристалла, I — интенсивность падающего света, $\alpha^{(t)} = \arcsin((\sin \alpha) / n_o)$, где α — угол между падающим лучом и нормалью к грани XOY .

Экспериментальные исследования проводились на образцах кристаллов $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (0.03 вес. %), имевших форму параллелепипеда с размерами $X : Y : Z = 4.2 : 5.2 : 1.7 \text{ мм}^3$. Схема экспериментальной установки была аналогична приведенной в [3]. В качестве источника света использовалась ксеноновая лампа ДКсЭл-1000. Свет монохроматизировался с помощью спектрофотометра СФ-26. Контакты изготовлялись методом вакуумного напыления серебра. Образец закреплялся на измерительной головке, которая с помощью дистанционного управления могла независимо вращаться как в плоскости XOZ , так и в плоскости XOY (рис. 1). Головка с образцом помещалась в экранированную и термоизолированную кювету. Для измерения угловой зависимости плотности ФВ тока j_x , определяемого компонентой β_{15}^* , головка с образцом вращалась в плоскости XOZ . При измерении спектральной зависимости β_{15}^* для каждой точки спектра проводилось измерение угловой зависимости j_x (рис. 2, а), по наклону которой определялось значение β_{15}^* в соответствии с формулой (1). Все результаты корректировались с учетом поглощения и неоднородности освещения кристалла по методике [3]. ФВ ток измерялся электрометром В7-30. Измерения компонент тензора β_{33} , β_{31} , β_{22} и их спектральных зависимостей совпали с известными данными [2, 3]. На рис. 2, б приведена спектральная зависимость одной компоненты β_{15}^* для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (0.03 вес. %). Поведение остальных компонент подобно.

Сопоставляя полученные результаты, можно заметить, что спектр β_{15}^* коррелирует со спектрами β_{33} , β_{31} и β_{22} . Все они растут с увеличением энергии фотонов облучающего пучка, а при энергиях больше 3 эВ для всех кривых наблюдается излом. Во всех спектрах характерно также наличие небольшого плеча в диапазоне от 2.8 до 3.2 эВ.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать предположение, что природа центров, определяющих фотогальванические токи, связанная со всеми четырьмя компонентами, одна и та же. По результатам измерений в промежутке энергий от 2.4 до 2.6 эВ для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ (0.03 вес. %) отношения компонент β_{31} , β_{22} и β_{15}^* к максимальной в этом диапазоне компоненте β_{33} имеют следующие значения: $\beta_{22}/\beta_{33} = (5.0 \pm 0.9) \cdot 10^{-2}$, $\beta_{15}^*/\beta_{33} = (2.00 \pm 0.15) \times 10^{-2}$, $\beta_{31}/\beta_{33} = 0.90 \pm 0.03$.

В заключение автор выражает признательность С. Г. Одулову за стимулирующую беседу, а также за обсуждение полученных результатов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Белиничер В. И., Стурман Б. И. // УФН. 1980. Т. 130. № 3. С. 415—458.
- [2] Фридкин В. М., Магомадов Р. М. // Письма в ЖЭТФ. 1979. Т. 30. № 11. С. 723—726.
- [3] Festl H. G., Hertel P., Kratzig E., von Baltz R. // Phys. St. Sol. B. 1982. V. 113. N 1. P. 157—164.
- [4] Odoulov S. // Ferroelectrics. 1989. V. 91. N 1. P. 213—225.
- [5] Авакян Э. М., Белобаев К. Г., Киселева И. Н., Одулов С. Г., Ренкачишская Е. И. // УФЖ. 1984. Т. 29. № 5. С. 790—793.

Ереванский физический институт

Поступило в Редакцию
10 июля 1990 г.