

## ЭЛЕКТРОГИРАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ В СИЛИКАТЕ ВИСМУТА

*В.В.Куцаенко, В.Т.Потапов*

Представлены результаты экспериментальных исследований электрогирационного эффекта в оптически активных кристаллах на фоне сильного эффекта Погкельса. Показано, что возможно раздельное наблюдение этих эффектов. Определен коэффициент электрогирации в видимой и ближней ИК области спектра.

В кристаллах со структурой силленита (КСС) возможен линейный электрогирационный (ЭГ) эффект, состоящий в изменении удельной оптической активности  $\theta_a$  под действием электрического поля <sup>1</sup>. В КСС регистрация ЭГ эффекта затруднена тем, что за счет эффекта Погкельса изменяется как эллиптичность световой волны, так и азимут эллипса поляризации. Известные данные наблюдений ЭГ эффекта в КСС неубедительны. Так, в работе <sup>2</sup> по предложенной автором методике ЭГ эффект на фоне электрооптического эффекта в КСС не обнаружен. В <sup>3</sup> ЭГ эффект обнаружен в титанате висмута, но не наблюдался в галлате висмута. В <sup>4</sup> в германате висмута эффект на обнаружен, а эффекту, обнаруженному в силикате висмута (BSO), приписывается электретное происхождение, что не соответствует теории <sup>1</sup>. Таким образом, открыт вопрос о наблюдении ЭГ эффекта в КСС.

Считается <sup>4, 5</sup>, что измерение ЭГ эффекта целесообразно при продольной ориентации поля и света вдоль оси [111], так как в этих условиях эффект Погкельса отсутствует <sup>4</sup>. Однако, при продольном эффекте угол поворота поляризации можно увеличить только путем увеличения поля, что, в свою очередь, за счет слабых поперечных компонент поля приводит к заметному эффекту Погкельса и затрудняет измерения ЭГ. С другой стороны, известно <sup>5</sup>, что в КСС возможен поперечный ЭГ эффект; но он сопровождается сильным эффектом Погкельса.

Анализ на основе матриц Джонса показывает, что в приближении слабого сигнала ( $\Delta\beta \ll 2\theta_a$ ,  $\Delta\beta = (2\pi/\lambda)\Delta n(E)$  – линейное двулучепреломление) возможно раздельное наблюдение эффектов ЭГ и Поккельса. Так, при линейной входной поляризации изменение азимута за счет эффекта Поккельса пропорционально квадрату поля. Вместе с тем, изменение азимута за счет ЭГ эффекта должно быть линейно по полю. Изменение эллиптичности за счет эффекта Поккельса при условии  $\theta_a z = \pi m$ ,  $m = 1, 2, \dots$  равно нулю<sup>6</sup>. В этом случае относительная интенсивность света<sup>6</sup> имеет вид

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \sin 2\theta_e z + \frac{(\Delta\beta)^2 z}{4\theta_a} \cos 2\theta_e z \right], \quad (1)$$

где  $\theta_e$  – удельная ЭГ; анализатор установлен под углом  $\pi/4$  к поляризатору.

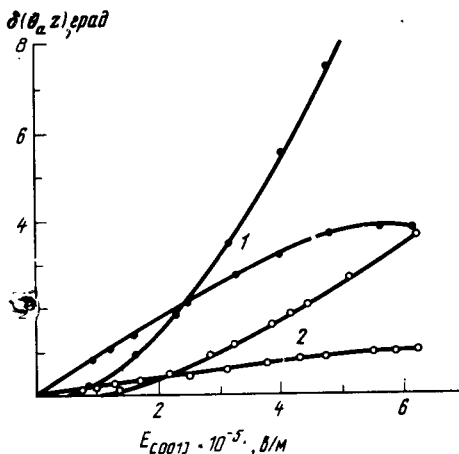


Рис. 1

Рис. 1. Поворот поляризации под действием поля.  $\theta_a z_1 \approx 540^\circ$ ,  $\theta_a z_2 \approx 180^\circ$

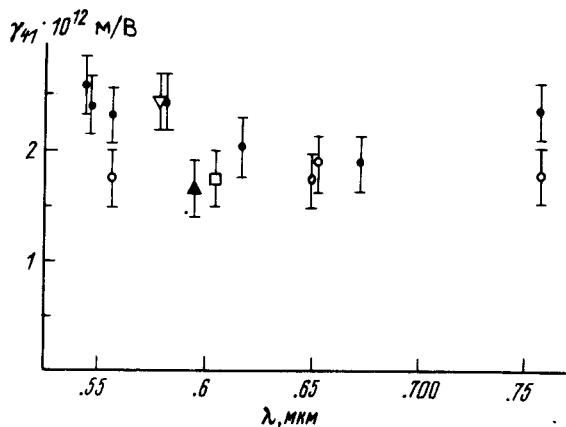


Рис. 2

Рис. 2. Электрогирационный коэффициент. Длина образцов BSO в мм: ● – 36,9; ○ – 13,0; □ – 6,9; ▲ – 6,6; ▼ – 6,2

Видно, что при  $\theta_e z \ll 1$  изменение интенсивности света за счет ЭГ линейно по полю, а за счет эффекта Поккельса – квадратично. Селективная регистрация сигналов при переменном электрическом поле позволяет частотно отделить один эффект от другого. Важная особенность регистрации при указанных условиях состоит в том, что величина сигнала не зависит от входной поляризации  $\varphi_0$ . При другой  $\lambda$  (другой длине  $z$ ) происходит изменение как азимута, так и эллиптичности, что приводит к необходимости учитывать  $\varphi_0$ .

Экспериментальная проверка осуществлена на нелегированных образцах BSO при поперечной ориентации: поле направлено вдоль [001], свет – вдоль [110]. В этом случае

$$\theta_e = \frac{\pi}{\lambda n} \gamma_{41} E_{[001]}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{41}$  – ЭГ коэффициент;  $\Delta\beta = (\pi/\lambda)n^3 r_{41} E_{[001]}$ . Управляющее напряжение частотой  $\sim 1$  кГц прикладывалось к электродам, выполненным из контактной пасты на основе серебра. Настройка на рабочую длину волны  $\lambda$  осуществлялась монохроматором. На рис. 1 представлены типичные зависимости поворота поляризации от поля при  $\lambda \approx 757$  нм для двух образцов,  $\theta_a z_1 \approx 3\pi$ ,  $\theta_a z_2 \approx \pi$ . В окрестности нуля первая гармоника сигнала линейна по полю, вторая – квадратична. Зависимости, полученные при различных  $\varphi_0$ , практи-

чески совпадают. При фиксированном поле интенсивность зависит от угла анализатора  $\varphi$  по закону  $|\sin 2\varphi|$ . Когда анализатор ортогонален выходному состоянию, сигналы на обеих гармониках равны нулю, т. е. эллиптичность не изменяется. Аналогичные данные получены во всех экспериментах. По наклону линейной характеристики в точке  $E = 0$  из соотношения (2) определялась величина  $\gamma_{41}$ . Также был проверен более общий случай, когда  $\theta_a z \simeq (m + \frac{1}{2})\pi$ . Сигнал зависел от  $\varphi_0$ , наблюдалось изменение эллиптичности. Экспериментальные значения для квадратичной зависимости составили в среднем  $\sim 80\%$  от расчетных, что можно считать удовлетворительным соответствием. Среднее значение ЭГ коэффициента по данным рис. 2 составляет  $\tilde{\gamma}_{41} = (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-12}$  м/В.

Таким образом, показано, что в BSO наблюдается ЭГ эффект, предсказанный теоретически<sup>1</sup>. Значения электрооптического ( $r_{41}$ ) и ЭГ ( $\gamma_{41}$ ) коэффициентов равны по порядку величины. Однако, при тех полях, которые за счет эффекта Погкельса обеспечивают 100%-ную модуляцию света, за счет ЭГ эффекта можно достичь глубины модуляции порядка 1%.

### Литература

1. Желудев И.С. Кристаллография, 1964, 9, 501.
2. Miller A. Phys. Rev. B, 1973, 8, 5902.
3. Fox A.J., Bruton T.M. Appl. Phys. Lett., 1975, 27, 360.
4. Влох О.Г., Царик А.В. УФЖ, 1977, 22, 1032.
5. Чмырев В.И., Скориков В.М. Изв. АН СССР, сер., Неорг. материалы, 1983, 19, 259.
6. Куцаенко В.В., Потапов В.Т., Шпилевский Р.В. ЖТФ, 1985, 55, 1370.