

# ФЛЕКСОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВКЛАД В ФОТОРЕФРАКТИВНЫЙ ОТКЛИК ПРИ ВСТРЕЧНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СВЕТОВЫХ ВОЛН В КРИСТАЛЛАХ КЛАССА СИЛЛЕНИТОВ СРЕЗА (111)

С. М. Шандаров<sup>1</sup>, Н. И. Буримов<sup>1</sup>, А. А. Шмидт<sup>1</sup>, А. О. Злобин<sup>1</sup>,  
Ю. Ф. Каргин<sup>2</sup>, В. В. Шепелевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup>Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина, Мозырь, Беларусь  
E-mail: shand@ed.tusur.ru

Флексоэлектрические эффекты, прямой и обратный, определяют линейную связь в среде электрической поляризации (упругих деформаций) с градиентами этих величин [1]. Впервые вклад обратного флексоэлектрического эффекта в фоторефрактивный отклик был обнаружен в относящемся к классу силленитов кристалле титаната висмута среза (100) с использованием интерферометрического метода, основанного на преобразовании фазовой модуляции в амплитудную при встречном взаимодействии световых пучков на отражательной голограмме [2].

В настоящем сообщении представлены результаты теоретического анализа вклада обратного флексоэлектрического эффекта во встречное взаимодействие по схеме голографического интерферометра сильной стационарной опорной волны с фазово-модулированной слабой сигнальной волной на отражательной фоторефрактивной голограмме в кристаллах силленитов среза (111). Эти результаты использованы для оценки эффективного флексоэлектрического коэффициента кристалла  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca},\text{Ga}$  из данных экспериментального исследования такого взаимодействия.

Использование методики, развитой в работах [2-4], позволило получить следующие выражения для глубины модуляции интенсивности в выходном сигнале голографического интерферометра, основанного на встречном взаимодействии волн с циркулярной поляризацией противоположных знаков на отражательной голограмме в срезе (111) кристалла класса симметрии 23, на нулевой, первой и второй гармониках модулирующего сигнала с амплитудой фазовой модуляции  $\varphi_m$ :

$$M^{(0)}(\varphi_m) = 1 + J_0^2(\varphi_m) \left( \exp\left[\frac{\Gamma_E - \Gamma_a}{2} d\right] - 1 \right), \quad (1)$$

$$M^{(1)}(\varphi_m) = 4J_0(\varphi_m)J_1(\varphi_m) \exp\left(\frac{\Gamma_E - \Gamma_a}{2} d\right) \sin\left(\frac{\Gamma_f}{2} d\right), \quad (2)$$

$$M^{(2)}(\varphi_m) = 4J_0(\varphi_m)J_2(\varphi_m) \left( \exp\left(\frac{\Gamma_E - \Gamma_a}{2}d\right) \cos\left(\frac{\Gamma_f}{2}d\right) - 1 \right), \quad (3)$$

где  $J_n(\varphi_m)$  – функция Бесселя  $n$ -го порядка;  $d$  – толщина кристалла;  $\Gamma_E$  и  $\Gamma_a$  – коэффициенты связи, описывающие вклад во встречное взаимодействие фазовой и абсорбционной составляющих голограммы, соответственно [3]. Коэффициент связи  $\Gamma_f$  характеризует вклад в фоторефрактивный отклик обратного флексоэлектрического и фотоупругого эффектов:

$$\Gamma_f = \frac{2\pi}{\lambda} n_0^3 \frac{3(p_{11} + 2p_{12} - 2p_{44}^E)}{(c_{11} + 2c_{12} + 4c_{44}^E)} \left( \frac{2\pi}{\Lambda} \right) f_{eff} E_{sc}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – длина волны света;  $\Lambda$  и  $E_{sc}$  – период и эффективное поле пространственного заряда голограммы;  $n_0$ ,  $f_{eff}$ ,  $c_{mn}$  и  $p_{ij}$  – показатель преломления, эффективный флексоэлектрический коэффициент, модули упругости и фотоупругие постоянные кристалла.

Экспериментальное исследование зависимостей  $M^{(n)}(\varphi_m)$ , определяемых соотношениями (1)-(3), проведенное для кристалла  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca},\text{Ga}$  с толщиной  $d = 8,74$  мм на длине волны  $\lambda = 633$  нм по методике, описанной в работах [2, 4], позволило определить значения коэффициентов связи  $|\Gamma_E| = 6,95 \text{ м}^{-1}$ ,  $\Gamma_a = -4,35 \text{ м}^{-1}$  и  $|\Gamma_f| = 1,4 \text{ м}^{-1}$  и оценить из формулы (4) с использованием материальных параметров, приведенных авторами [5], значение его эффективного флексоэлектрического коэффициента для среза (111) как  $f_{eff} = 2,6 \text{ нКл/м}$ .

Работа выполнена при поддержке Государственной комплексной программы научных исследований Беларуси «Электроника и фотоника» (задание «Фотоника 2.2.09»), в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2013 год (проект 7.2647.2011), а также при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-02-90038-Бел\_а) и БРФФИ (проект № Ф12Р-222).

1. Zubko P., Catalan G., Tagantsev A. K. // Annu. Rev. Mater Res. 2013. V. 43. P. 387–421.
2. Шандаров С. М., Шмаков С. С., Буримов Н. И. и др. // Письма в ЖЭТФ. 2012. Т. 95, № 12. С. 699–702.
3. Shandarov S. M., Kolegov A. A., Burimov N. I. et al. // Phys. Wave Phenomena. 2009. V. 17, No. 1. P. 39–44.
4. Shandarov S. M., Shmakov S. S., Zuev P. V. et al. // J. Opt. Technol. 2013. V. 80, No. 7. P. 409–414.
5. Shandarov, A. Emelyanov, O. Kobozev, A. Reshet'ko // Proceedings of SPIE. 1996. V. 2801. P. 221–230.