

10. Investigation of two-wave mixing in arbitrary oriented sillenite crystals / E. Shamonina [et al.] // Appl. Phys. B. – 1997. – Vol. 64, № 1. – P. 49–56.

11. Optical activity in photorefractive  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  / E. Shamonina [et al.] // Opt. Comm. – 1998. – Vol. 146, № 1–6. – P. 62–68.

12. Шепелевич, В.В. Смешанные пропускающие голограммы в фоторефрактивном пьезокристалле  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  / В.В. Шепелевич, А.В. Макаревич, С.М. Шандаров // Письма в ЖТФ. – 2014. – Т. 40, № 22. – С. 83–89.

УДК 535.42

**С.Ф. Ничипорко**

*Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина*

### **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОЛОГРАММ В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ СРЕЗА (111)**

Представлены результаты исследований поляризационной зависимости дифракционной эффективности пропускающих голограмм от приложенного электрического поля к фоторефрактивному кристаллу  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  с одновременным учетом электрооптического и пьезоэлектрического эффектов, фотоупругости и оптической активности кристалла.

**Ключевые слова:** дифракционная эффективность голограммы, фоторефрактивный кристалл, азимут поляризации.

За последние 30 лет проявляется значительный интерес к исследованию взаимодействия световых волн в кубических фоторефрактивных кристаллах  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (BSO),  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  (BTO), GaAs среза (111). В [1] изучались дифракция и двухволновое взаимодействие в кристалле GaAs среза (111). Ориентационная зависимость эффективности четырехволнового взаимодействия в кристаллах класса  $\bar{4}3m$  этого же среза исследовалась в [2]. В [3] рассматривалось двухволновое взаимодействие в таких же кристаллах для случая произвольной пространственной ориентации вектора голографической решетки, включая срез (111). Исследованию отражательных голографических решеток в кристалле BTO среза (111) посвящена работа [4]. В [4–9] рассмотрены различные способы оптимизации относительной интенсивности сигнальной волны и дифракционной эффективности голограмм кубических фоторефрактивных пьезокристаллах среза (111). Выходные характеристики смешанных голограмм, записанных в фоторефрактивном кубическом пьезокристалле BTO в диффузионном режиме в случае произвольной пространственной ориентации вектора голографической решетки, включая срез (111) исследованы в [10].

В данной работе представлены результаты исследования влияния внешнего электрического поля на поляризационные зависимости дифракционной эффективности пропускающих голограмм с учетом электрооптического, пьезоэлектрического эффектов, фотоупругости и оптической активности кубического кристалла BSO среза (111).

В [9] установлено, что толщина кристалла BSO среза (111), при которой достигается наибольшая дифракционная эффективность голограммы в диффузионном режиме равна 5 мм, отношение интенсивностей световых пучков 1:10. Для расчета остальные параметры кристалла на длине волны  $\lambda = 0.6328$  мкм взяты также из [9].

На рисунке 1 изображены зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограммы от азимута поляризации  $\Psi_0$  считывающей световой волны для различных значений ориентационного угла  $\theta$  ( $\theta=0$  рисунок 1а;  $\theta=15^\circ$  рисунок 1б;  $\theta=30^\circ$  рисунок 1с) и при различных значениях внешнего постоянного электрического поля  $E_0$ .

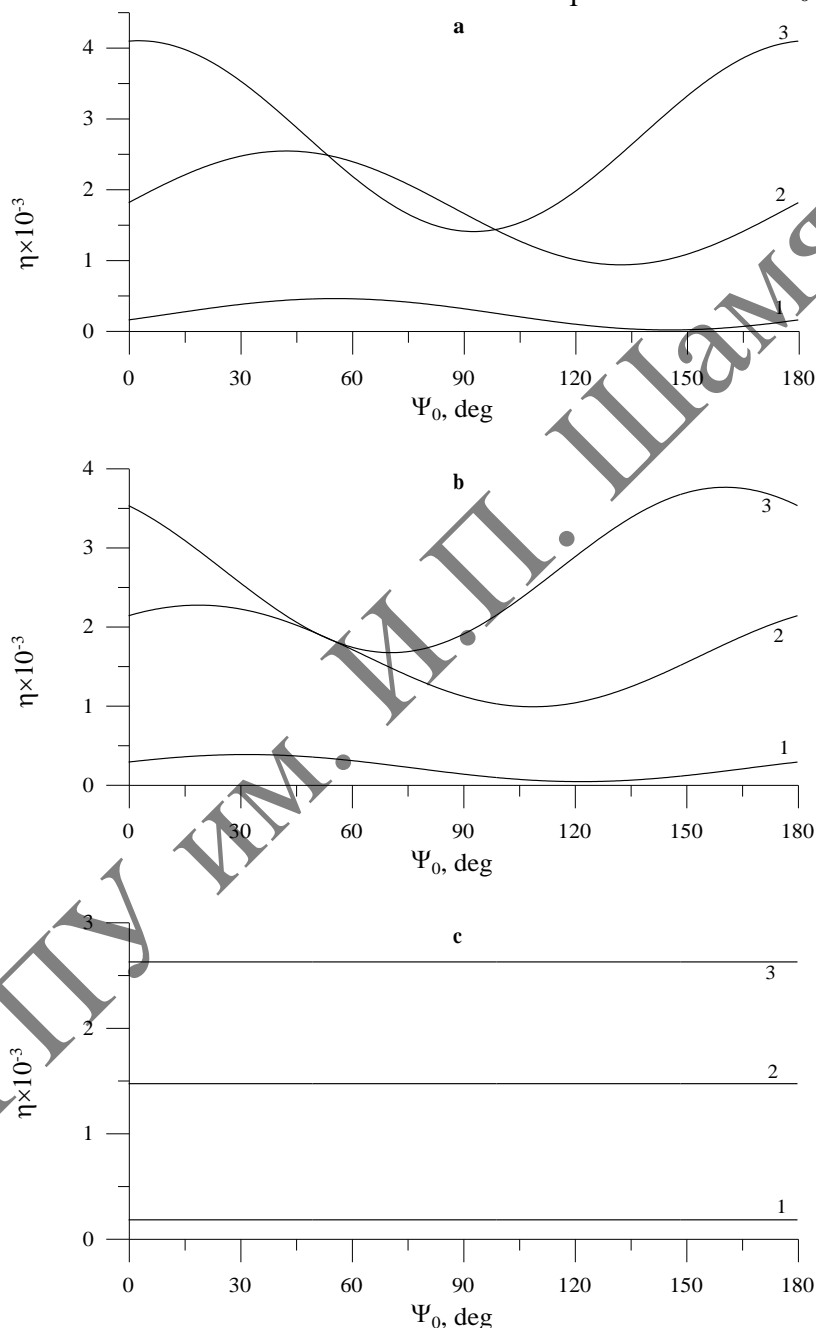


Рисунок 1 – Поляризационные зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограммы в кристалле BSO при различных значениях амплитуды внешнего электрического поля.

1 -  $E_0=0$ ; 2 -  $E_0=5$  кВ/см; 3 -  $E_0=10$  кВ/см. а -  $\theta=0$ ; б -  $\theta=15^\circ$ ; в -  $\theta=30^\circ$ .

Из рисунков 1–3 видно, что увеличение амплитуды внешнего постоянного электрического поля  $E_0=0$  – кривые 1,  $E_0=5$  кВ/см – кривые 2,  $E_0=10$  кВ/см – кривые 3 приводит к увеличению значений дифракционной эффективности голограммы. Приложение к кристаллу электрического поля 5 кВ/см (кривые 2) однозначно повышает значения дифракционной эффективности голограммы по всем азимутам поляризации световых волн по сравнению с диффузионным режимом ( $E_0=0$  – кривые 1). с увеличением амплитуды внешнего постоянного электрического поля  $E_0$ . Увеличение амплитуды электрического поля до 10 кВ/см приводит к росту значений дифракционной эффективности голограммы, однако при определенных азимутах поляризации дифракционная эффективность голограммы имеет одинаковые значения при  $\Psi_0 = 53^\circ$  и  $\Psi_0 = 99^\circ$  для  $\theta=0$  кривые 2 и 3 рисунок 1а и в диапазоне азимутов поляризации  $49^\circ$ – $57^\circ$  для  $\theta=15^\circ$  кривые 2 и 3 рисунок 1б, а в диапазоне азимутов поляризации  $53^\circ$ – $99^\circ$  кривая 3 рисунок 1а для  $E_0=10$  кВ/см значения дифракционной эффективности голограммы в ниже чем  $E_0=5$  кВ/см кривая 2.

Для  $\theta=0$  рисунок 1а и  $\theta=15^\circ$  рисунок 1б наблюдается качественное изменение поляризационных зависимостей дифракционной эффективности голограммы (смещение максимальных и минимальных значений). Максимальные значения дифракционной эффективности голограммы для ориентационного угла  $\theta=0$  (рисунок 1а) достигают для напряженности электрического поля  $E_0=0$  при азимуте поляризации  $\Psi_0 = 55^\circ$  кривая 1;  $E_0=5$  кВ/см –  $\Psi_0 = 42^\circ$  кривая 2;  $E_0=10$  кВ/см –  $\Psi_0 = 3^\circ$  кривая 3. На рисунке 1с для  $\theta=30^\circ$  наблюдается отсутствие поляризационной зависимости дифракционной эффективности голограммы.

Таким образом, получены поляризационные зависимости дифракционной эффективности голограмм, записанных в кристалле BSO среза (111) толщиной 5 мм для ориентационных углов  $0$ ,  $15^\circ$  и  $30^\circ$  при различных значениях внешнего постоянного электрического поля  $0$ ,  $5$  кВ/см и  $10$  кВ/см.

#### Список использованных источников

1. Eichler, H.J. Photorefractive two-wave mixing in semiconductors of the  $43m$  space group in general spatial orientation / Y. Ding, H.J. Eichler, B. Smandek // Phys. Rev. A. – 1995. – Vol. 52. – P. 2411–2418.
2. Ding, Y. Crystal orientation dependence of the photorefractive four-mixing in compound semiconductors of symmetry group  $\bar{4}3m$  / Y. Ding, H.J. Eichler // Opt. Commun. – 1994. – Vol. 110. – P. 446–464.
3. Diffraction and two beam-coupling in GaAs along the [111]-direction / B. Sugg, F. Kahman, R.A. Rupp [et al.] // Opt. Commun. – 1993. – Vol. 106. – P. 6–12.
4. Reflection holographic gratings in (111) cut  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  crystal for real time interferometry / N. Kukhtarev, B.S. Chen, P. Venkateswarlu [et al.] // Opt. Commun. – 1993. – Vol. 104. – P. 23–28.
5. Gain optimization at two-wave mixing in cubic photorefractive piezocrystals of (111)-cut / V.V. Shepelevich, S.F. Nichiporko, A.E. Zagorskiy [et al.] // Photorefractive Materials, Effects, and Devices. 27–30 June, 1999, Elsinore, Denmark: OSA Trends in Optics and Photonics 1999. – Vol. 27. – P. 353–360.

6. Ориентационная зависимость дифракционной эффективности голограмм в кубических фоторефрактивных пьезокристаллах среза (111) / С.Ф. Ничипорко, А.А. Загорский, В.В. Шепелевич [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2000. – Т. 26, вып. 3. – С. 44–49.

7. Diffusion recording in photorefractive sillenite crystals: an analytical approach for engineering purposes / E. Shamonina, Yi Hu, V.P. Kamenov [et al.] // Opt. Commun. – 2000. – Vol. 180, № 1–3. – P. 183–190.

8. Optimization of diffraction efficiency and gain for two-wave mixing in cubic (111)-cut photorefractive piezocrystals / V.V. Shepelevich, S.F. Nichiporko, A.E. Zagorskiy [et al.] // Opt. Mat. – 2001. – Vol. 18, № 1. – P. 135–138.

9. Optimization of diffraction efficiency and gain for two-wave mixing in cubic (111)-cut photorefractive piezocrystals / V.V. Shepelevich, S.F. Nichiporko, A.E. Zagorskiy [et al.] // Ferroelectrics. – 2002. – Vol. 266. – P. 305–333.

10. Дифракционная эффективность смешанных пропускающих голограмм в фоторефрактивном оптически активном пьезокристалле  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  произвольного среза / А.В. Макаревич, В.В. Шепелевич, В.Н. Навыко [и др.] // Кристаллография. – 2019. – Т. 64, № 5. – С. 782–788.

УДК 535:681.7.068.4

**Д.В. Понкратов<sup>1</sup>, И.А. Верхов<sup>2</sup>, Л.И. Сотская<sup>2</sup>, Е.А. Чудаков<sup>1</sup>, А.Б. Сотский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова

<sup>2</sup>Белорусско-Российский университет

## **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕФРАКТОМЕТРОВ**

Исследуются спектроскопические рефрактометры со слоистой металлодиэлектрической структурой, нанесенной на основание призмы связи. Разработан метод расчета рефрактометров, учитывающий аномальный скин-эффект в металлических пленках. Для структуры кварцевая призма связи – золотая пленка – кварцевая пленка – вода с исследуемым показателем преломления определены оптимальные толщины пленок и угол падения зондирующего света, позволяющие поднять чувствительность рефрактометра до рекордного значения  $9.6 \cdot 10^5 \text{ nm} / \text{RIU}$ .

**Ключевые слова:** схема Кречмана, тонкопленочные рефрактометры растворов, скин-эффект, чувствительность.

**Введение.** Тонкопленочные рефрактометры предназначены для работы в качестве сенсоров химических и биологических компонентов в растворах. Для ряда приложений перспективны рефрактометры спектроскопического типа, в которых приращение показателя преломления раствора  $dn_s$  вызывает сдвиг  $d\lambda$  минимума отражения устройства на шкале длин волн. Чувствительность таких устройств определяется производной  $S = d\lambda / dn_s$ . Хорошо изучены рефрактометры, использующие возбуждение плазмонных мод в схеме Кречмана. Оптимизация их структуры, выполненная в [1],