

**ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА, ФОТОУПРУГОСТИ И ОПТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ДИФРАКЦИОННУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕШАННЫХ ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$**

В статье [1] было впервые показано, что учет обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости приводит в кубических оптически активных кристаллах не к малым поправкам в теоретических результатах, полученных при учете только электрооптического эффекта, и кардинально (качественно) изменяет описание дифракции в кристалле. Однако анализ закономерностей влияния удельного вращения на дифракционную эффективность смешанных пропускающих голограмм не проводился.

Целью настоящего исследования является анализ закономерностей влияния гиротропных и пьезоэлектрических свойств кубических фоторефрактивных кристаллов класса симметрии 23 среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$  на зависимость дифракционной эффективности смешанных пропускающих голограмм сформированных в фоторефрактивном кристалле  $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$  (ВТО), от величины удельного вращения  $\rho$  и ориентационного угла  $\theta$ .

Рассмотрим влияние электрооптического эффекта, обратного пьезоэлектрического эффекта, фотоупругости и оптической активности на дифракционную эффективность голограммы, записанной в кристалле ВТО толщиной 8 мм. При теоретических расчетах использованы следующие параметры кристалла ВТО: электрооптический коэффициент  $r_{41} = 4.75$  пм/В; пьезоэлектрический коэффициент  $e_{14} = 1.1$  Кл/м<sup>2</sup>; удельное вращение плоскости поляризации  $\rho = 112$  рад/м; коэффициенты упругости  $c_1 = 13.7 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>,  $c_2 = 2.8 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>,  $c_3 = 2.6 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>; фотоупругие постоянные  $p_1 = 0.173$ ,  $p_2 = -0.001$ ,  $p_3 = -0.002$ ,  $p_4 = -0.005$ ; показатель преломления  $n = 2.58$  [2].

Амплитуда напряженности электрического поля пространственного заряда  $E_{SC}$  выбиралась равной  $9 \cdot 10^4$  В/м в соответствии с [2].

Дифракционная эффективность голограммы может быть вычислена по формуле (1)

$$\eta(d) = \frac{S_{\perp}^2(d) + S_{\parallel}^2(d)}{R_{\perp}^2(0) + R_{\parallel}^2(0)} \times 100\%, \quad (1)$$

где  $d$  – толщина кристалла;  $R_{\perp}(0)$  и  $R_{\parallel}(0)$  – проекции векторной амплитуды восстанавливающей голограмму волны  $R$  на направление, перпендикулярное к плоскости падения и лежащее в плоскости падения соответственно на входе в кристалл;  $S_{\perp}(d)$  и  $S_{\parallel}(d)$  – аналогичные проекции векторной амплитуды восстановленной волны  $S$  на выходе из кристалла толщины  $d$ .

Графики зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограмм, записанных в кристаллических пластинках ВТО толщиной  $d = 8$  мм от ориентационного угла  $\theta$  и значения удельного вращения  $\rho$  кристалла представлены на рисунке 1. На рисунке 1 также показаны результаты влияния на дифракционную эффективность голограммы вкладов обратного пьезоэлектрического эффекта, фотоупругости и оптической активности кристалла.

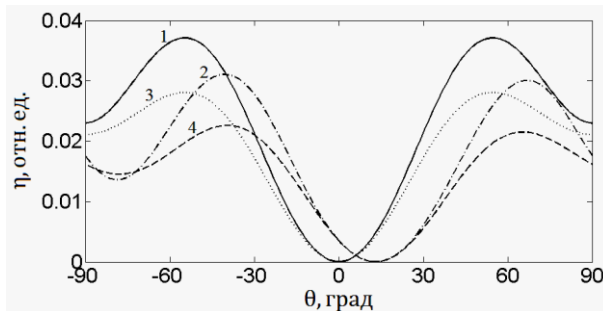


Рисунок 1. – Зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограмм, сформированных в кристалле ВТО толщиной 8 мм от ориентационного угла  $\theta$  и значения удельного вращения  $\rho$  кристалла: пунктирная (3), штриховая (4) линии – без учета обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости; сплошная (1), штрихпунктирная (2), линии – с учетом обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости; 1, 3 –  $\rho = 0$ ; 2, 4 –  $\rho = 112$  рад/м

На рисунке 1 пунктирной (3) и штриховой (4) линиями изображены зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  голограмм, рассчитанные без учета обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости, а сплошная (1) и штрихпунктирная (2) линии построены с их учетом. Кривые 1, 3 построены при удельном вращении  $\rho = 0$ , кривые 2, 4 – при  $\rho = 112$  рад/м.

Видно, что обратный пьезоэлектрический эффект, фотоупругость и оптическая активность существенно изменяют характер исследуемой зависимости. Игнорирование пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости может уменьшить рассчитанную дифракционную эффективность голограммы приблизительно в два раза. Также с увеличением значения удельного вращающего момента максимумы дифракционной эффективности смещаются вправо относительно значений ориентационного угла.

Таким образом, на примере образца кристалла ВТО среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$  с фиксированной толщиной  $d = 8$  мм показаны результаты теоретических исследований зависимости дифракционной эффективности  $\eta$  смешанных пропускающих голограмм, от ориентационного угла  $\theta$  и значения удельного вращающего момента  $\rho$  кристалла. В теоретической модели учтены также линейный электрооптический, обратный пьезоэлектрический и фотоупругий эффекты.

Одновременное исследование влияния обратного пьезоэлектрического эффекта, фотоупругости и удельного вращающего момента кристалла может оказаться полезным и позволит оценить полученные из эксперимента данные для оптимизации выходных энергетических характеристик голограмм.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования Республики Беларусь (задание 1.2.01 Государственной программы научных исследований «Фотоника, опто- и микроэлектроника»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мандель, А. Е. Влияние пьезоэлектрического эффекта и игротропии на считывание голограмм в фоторефрактивных кристаллах / А. Е. Мандель, С. М. Шандаров, В. В. Шепелевич // Письма в ЖТФ. – 1988. – Т. 14, № 23. – С. 2147–2151.
2. Шепелевич, В. В. Оптимизация выходных характеристик смешанных голограмм в фоторефрактивном пьезокристалле ВТО среза  $(\bar{1}\bar{1}0)$  / В. В. Шепелевич, А. В. Макаревич, С. М. Шандаров // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 42–46.