

М. А. Аманова, В. В. Шепелевич
УО «Мозырский государственный педагогический университет
имени И. П. Шамякина», Мозырь, Беларусь

**ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И
ФОТОУПРУГОГО ЭФФЕКТОВ НА УКАЗАТЕЛЬНУЮ
ПОВЕРХНОСТЬ НОРМАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
ОБРАТНОГО ТЕНЗОРА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОНИЦАЕМОСТИ КРИСТАЛЛА $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$**

Введение

Влияние обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов на свойства голограмм в кубических фоторефрактивных кристаллах впервые рассмотрено в работе [1]. Теоретическая модель дифракционной эффективности фотоиндуцированных фазовых голограмм в кубических оптически активных фоторефрактивных кристаллах с одновременным учетом оптической активности, электрооптического, обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов предложена в работах [2, 3].

В [4] приведены аналитические выражения для нахождения изменения компонент обратного тензора диэлектрической проницаемости (далее – обратный тензор) для фоторефрактивных кристаллов класса симметрии 23, полученные с учетом электрооптического, обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов, а также исследованы зависимости изменения компонент обратного тензора от направления вектора голографической решетки. В [5] на графических иллюстрациях показано, что при учете обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов полученные теоретически и экспериментально зависимости коэффициента усиления – при двухволновом взаимодействии при наличии пропускающей голограммы в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) среза (110) – от ориентационного угла, образованного вектором голографической решетки и направлением [001], совпадают.

Предложенные в [4] выражения применяются для нахождения постоянных связи, содержащихся в уравнениях связанных волн, при расчёте выходных характеристик голографических решеток, сформированных в кубических фоторефрактивных кристаллах. Например, в [6] теоретически и экспериментально изучено влияние оптической активности и пьезоэлектрического эффекта на двухволновое взаимодействие при наличии пропускающей голографической решетки в кубическом фоторефрактивном кристалле среза (110). Получены выражения для определения оптимальных азимутов поляризации предметной и опорной световых волн, при которых достигается наибольшая степень энергетического обмена между этими волнами. Закономерности усиления предметной волны при двухволновом взаимодействии на пропускающей голографической решетке рассмотрены в [7]. Показано, что оптимизация энергетического обмена при встречном двухволновом взаимодействии должна производиться с учетом вклада обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов.

В настоящей работе произведен анализ влияния обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов на указательную поверхность нормальной составляющей обратного тензора диэлектрической проницаемости кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (ВТО). Изучены закономерности изменения компонентов обратного тензора диэлектрической проницаемости под действием обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов

1. Теоретическая модель

При численных расчетах использованы следующие параметры кристалла ВТО, заимствованными из работы [1]: показатель преломления невозмущенного кристалла $n_0 = 2,58$; коэффициенты упругости $c_1 = 1,37 \times 10^{11}$ Н/м², $c_2 = 2,8 \times 10^{10}$ Н/м², $c_3 = 2,6 \times 10^{10}$ Н/м²; электрооптический коэффициент $r_{41} = -4,75 \times 10^{-12}$ м/В; коэффициенты фотоупругости $p_1 = -0,173$, $p_2 = 0,001$, $p_3 = 0,002$, $p_4 = 0,005$; пьезоэлектрический коэффициент $e_{14} = 1,1$ К/м². Напряженность электрического поля при расчетах принималась равной $E = 0,6$ кВ/м.

На рисунке 1 представлена указательная поверхность, рассчитанная при $\vec{E} \parallel [112]$.

Проанализируем сечения представленной на рисунке 1 указательной поверхности плоскостями, проходящими через начало координат и параллельными плоскостям (112). На рисунке 2 изображены сечения указательной поверхности.

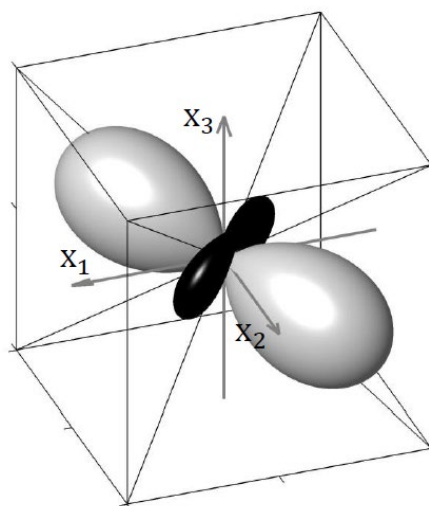


Рисунок 1 – Указательная поверхность нормальной составляющей обратного тензора диэлектрической проницаемости; X_1, X_2, X_3 – оси сферической системы координат

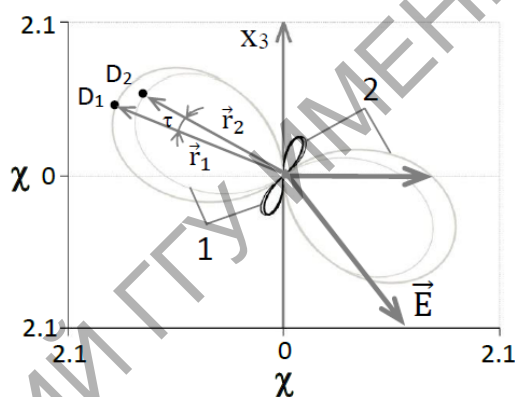


Рисунок 2 – Сечения указательной поверхности, изображенной на рисунке 1; X_1, X_2, X_3 – оси сферической системы координат; \vec{E} – электрическое поле; 1 – без учета, 2 – с учетом обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости

Экстремальные направления указательной поверхности лежат в плоскости сечения и не совпадают по направлению с параллельными и перпендикулярными вектору \vec{E} осями.

2. Полученные результаты и их обсуждение

Учет обратного пьезоэлектрического эффекта и фотоупругости обуславливает не только количественное изменение максимальных и минимальных значений нормальной составляющей обратного тензора, но и качественную трансформацию внешней формы указательной

поверхности. Вследствие обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов увеличивается максимальное значение нормальной составляющей обратного тензора ($D_2 \rightarrow D_1$) в части указательной поверхности, окрашенной в белый цвет, и одновременно происходит смещение максимума в плоскости сечения на угловое расстояние τ , между векторами \vec{r}_1 и \vec{r}_2 , проведенными к точкам D_1 и D_2 соответственно. Аналогичные изменения при наличии обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов имеют место и при трансформации части указательной поверхности, окрашенной в черный цвет.

Заключение

Таким образом, вследствие обратного пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов изменяются как числовые значения максимального и минимального значений нормальной составляющей, так и ориентация указательной поверхности нормальной составляющей обратного тензора диэлектрической проницаемости в пространстве.

Литература

1. Степанов, С. И. Фотоупругий вклад в фоторефрактивный эффект в кубических кристаллах / С. И. Степанов, С. М. Шандаров, Н. Д. Хатьков // ФТТ. – 1987. – Т. 24, № 10. – С. 3054-3058.
2. Mandel, A. Light diffraction in holographic arrays – different mechanisms of photorefractive effect in ferroelectrics / A. Mandel, N. Khatkov, S. Shandarov // Ferroelectrics. – 1988. – Vol. 83. – P. 215–220.
3. Shepelevich, V. V. Light diffraction by holographic gratings in optically active photorefractive piezocrystals / V. V. Shepelevich, S. M. Shandarov, A. E. Mandel // Ferroelectrics. – 1990. – V. 110. – P. 235–249.
4. Шандаров, С. М. Изменение тензора диэлектрической проницаемости в кубических фоторефрактивных кристаллах под действием электрического поля голографической решетки / С. М. Шандаров, В. В. Шепелевич, Н. Д. Хатьков // Опт. и спектр. – 1991. – Т. 70, № 5. – С. 1068–1073.
5. Solymar, L. The physics and applications of photorefractive materials / L. Solymar, D. J. Webb, A. Grunnet-Jepsen. – Oxford: Clarendon Press, 1996. – 494 pp.
6. Shepelevich, V. V. Orientation and polarization effects of two-beam coupling in a cubic optically active photorefractive piezoelectric BSO crystal.

tal / V. V. Shepelevich, N. N. Egorov, V. Shepelevich // J. Opt. Soc. Am. B. – 1994. – Vol. 11, № 8. – P. 1394–1402.

7. Optimization of two-wave interaction efficiency in cubic photorefractive sillenite-type crystals with optical rotary power and piezoeffect in diffusion regime / V. V. Shepelevich [et al.] // Ferroelectrics. – 1999. – Vol. 234 (1/4). – P. 289–309.