

В.В. ДАВЫДОВСКАЯ

УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

**ИССЛЕДОВАНИЕ САМОФОКУСИРОВКИ ДВУМЕРНОГО СВЕТОВОГО ПУЧКА
В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ SBN С УЧЕТОМ ВСЕХ КОМПОНЕНТ
ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО ТЕНЗОРА ЭТОГО КРИСТАЛЛА**

Фоторефрактивный кристалл SBN характеризуется сравнительно большими значениями компонент электрооптического тензора и временем релаксации, поэтому распространение и взаимодействие световых пучков в этом кристалле рассматривалось многими авторами (см. напр., [1, 2]). Однако в большинстве работ при исследовании световых пучков учитываются только две компоненты Γ_{33} и Γ_{13} электрооптического тензора $\hat{\Gamma}$, а направление внешнего электрического поля выбирается параллельным оптической оси кристалла [3–5]. В настоящей статье показано, что такое допущение, то есть учет только двух компонент электрооптического тензора $\hat{\Gamma}$, может быть применено только при направлении внешнего электрического поля, приложенного к кристаллу вдоль его оптической оси. В других случаях, для получения более точных результатов, необходимо учитывать все компоненты электрооптического тензора $\hat{\Gamma}$.

Пусть двумерный гауссов световой пучок нормально падает на лицевую грань фоторефрактивного кристалла класса симметрии 4mm, оптическая ось \vec{c} которого лежит в плоскости лицевой грани. Направим ось ox рабочей системы координат вдоль кристаллографической оси \vec{c} , являющейся оптической осью кристалла. Ось oz направим вдоль кристаллографической оси \vec{b} , ось oy – вдоль кристаллографической оси \vec{a} (рисунок 1а). Рассмотрим случай, когда внешнее электрическое поле \vec{E}_0 направлено под углом θ к оптической оси \vec{c} (рисунок 1б).

Исследуем распространение двумерных гауссовых световых пучков с x - и y -поляризациями в фоторефрактивном кристалле SBN с учетом всех компонент электрооптического тензора \mathcal{R} при различных направлениях приложенного внешнего электрического поля, т.е. изменяющемся угле θ .

Существуют различные методы произвольного изменения направления внешнего электрического поля приложенного к кристаллу в плоскости лицевой грани кристалла (например, [6]). Одним из таких возможных методов может быть использование фоторефрактивного кристалла вырезанного в форме цилиндра и приложение внешнего электрического поля к кристаллу с применением скользящих контактов [7] (рисунок 1а).

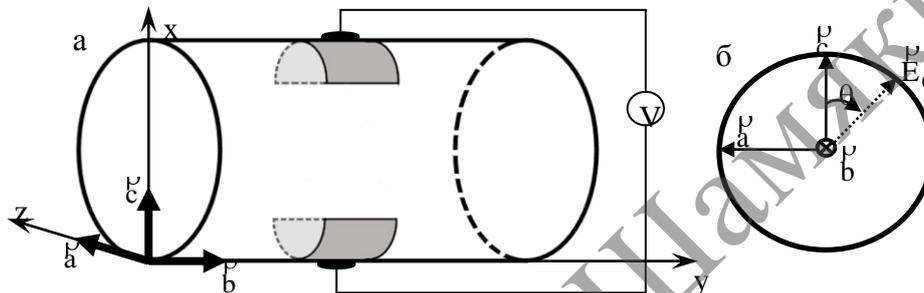
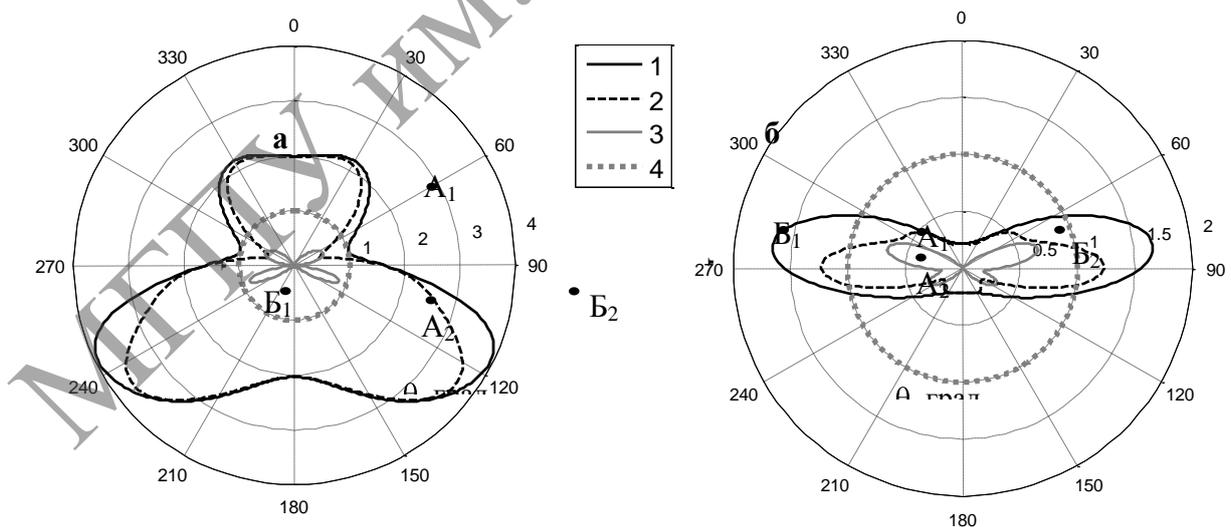


Рисунок 1. – а – Расположение используемой системы координат относительно кристаллографических направлений; б – Лицевая грань кристалла

Для моделирования была использована система уравнений, полученная из уравнений Максвелла и основных уравнений фоторефрактивного эффекта [8] с использованием ковариантного представления [9] электрооптического тензора кристалла класса 4mm, также при расчетах учитывался различный набег фазы обыкновенной и необыкновенной волн при фиксированной координате z . Параметры моделирования: $n_e = 2.33$, $n_o = 2.36$, $r_{33} = 235$ пм/В, $r_{13} = 47$ пм/В, $r_{42} = 30$ пм/В, $\lambda = 0.5145$ мкм, $r_0 = 12$ мкм, внешнее приложенное электрическое поле $E_0 = 1,2$ кВ/см, $z = 10$ мм.



а, б – x - и y -поляризованные гауссовы световые пучки соответственно; 1 – суммарная относительная интенсивность пучка на выходе из кристалла, 2 – x -компонента интенсивности пучка, 3 – y -компонента интенсивности пучка, 4 – относительная интенсивность пучка на входе в кристалл

Рисунок 2. – Зависимость степени самофокусировки двумерного гауссова светового пучка в кристалле SBN от направления внешнего электрического поля, приложенного к кристаллу, с учетом всех компонент электрооптического тензора

Из рисунка 2 видно, что при $\theta = 0^\circ$ и $\theta = 180^\circ$ (рисунок 2а, б: точки A_1 и A_2), т.е. когда внешнее электрическое поле направлено параллельно оптической оси кристалла, составляющие интенсивности световых пучков, появляющиеся за счет учета компоненты γ_{42} (рисунок 2а, б: кривые 3) не вносят значительного вклада в общую суммарную интенсивность световых пучков (рисунок 2а, б: кривые 1), а основной вклад вносят составляющие интенсивности пучков за счет учета компонент γ_{33} и γ_{13} электрооптического тензора \mathcal{P} для х- и у-поляризованных гауссовых световых пучков соответственно (рисунок 2а, б: кривые 2), поэтому достаточно учитывать только эти две компоненты. Однако при других направлениях внешнего электрического поля для получения более точных результатов пренебрегать компонентой γ_{42} не следует, так как составляющие интенсивности световых пучков, появляющиеся за счет учета этой компоненты (рисунок 2а, б: кривые 3) вносят существенный вклад в общую суммарную интенсивность световых пучков (рисунок 2а, б: кривые 1). Наибольшая степень фокусировки х-поляризованного светового пучка наблюдается при значениях угла $\theta = 117^\circ$ и $\theta = 247^\circ$ (рисунок 2а: точки B_1 и B_2), $I=3,96$ отн. ед., а для у-поляризованного светового пучка при значениях угла $\theta = 84^\circ$ и $\theta = 279^\circ$ (рисунок 2, б: точки B_1 и B_2), $I=1,6$ отн. ед.

В работе установлена зависимость степени самофокусировки двумерных гауссовых световых пучков от направления внешнего электрического поля, приложенного к кристаллу, при постоянном радиусе входных пучков и с учетом всех компонент электрооптического тензора. Найдены направления внешнего электрического поля, для которых степень самофокусировки световых гауссовых пучков заданного размера с входной х- и у-поляризацией на входе в кристалл достигает максимального значения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Królikowski, W. Photorefractive solitons / W. Królikowski, B. Luther-Davies, C. Denz // IEEE Journal of Quantum Electron. – 2003. – Vol. 39. – P. 3–12.
2. Tiemann, M. Photorefractive spatial solitons as waveguiding elements for optical telecommunication / M. Tiemann, T. Halfmann, T. Tschudi // Opt. Commun. – 2009. – Vol. 282. – P. 3612–3619.
3. Wesner, M. Electrical fixing of waveguide channels in strontium-barium niobate crystals / M. Wesner, C. Herden, D. Kip // Appl. Phys. B. – 2001. – Vol. 72. – P. 733–736.
4. Discrete solitons in photorefractive optically induced photonic lattices / N. K. Efremidis [et al] // Physical Review E. – 2002. – Vol. 66. – P. 602–607.
5. Two Dimensional Counterpropagating Spatial Solitons in Photorefractive Crystals / M. Petrović [et al] // Physical Review Letters. – 2005. – Vol. 95. – P. 901–904.
6. Барсуков, С.Д. Экспериментальные исследования фазовых переходов в сегнетокерамике на основе титаната-бария-стронция / С.Д. Барсуков, С.А. Хахомов, И.В. Семченко // Известия ГГУ имени Ф. Скорины. – 2011. – Т. 6. – С. 34–39.
7. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие для студентов вузов / А.В. Шишкин [и др.]. – М.: Омега-Л, 2009. – 752 с.
8. Kukhtarev, N.V. Holographic storage in electrooptic crystals: 1. Steady state / N.V. Kukhtarev [et al] // Ferroelectrics. – 1979. – Vol. 22. – P. 949–960.
9. Барковский, Л.М. Ковариантная форма электрооптического тензора в кристаллах высшей и средних сингоний при векторном взаимодействии / Л. М. Барковский, Ф. И. Федоров // Кристаллография. – 1965. – Т. 10, № 2. – С. 174–180.