

ДИФРАКЦИЯ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ НА ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ФОТОННЫХ ФПМ-ЖК СТРУКТУРАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-НЕОДНОРОДНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

А. О. Семкин, С. Н. Шарангович

Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, Томск, Россия

E-mail: shr@tusur.ru

Целью данной работы является построение аналитической модели высокоэффективной дифракции световых пучков на амплитудно-неоднородных фотонных структурах (ФС), голографически сформированных в ФПМ-ЖК с высокой концентрацией ЖК, в условиях воздействия пространственно неоднородного электрического поля.

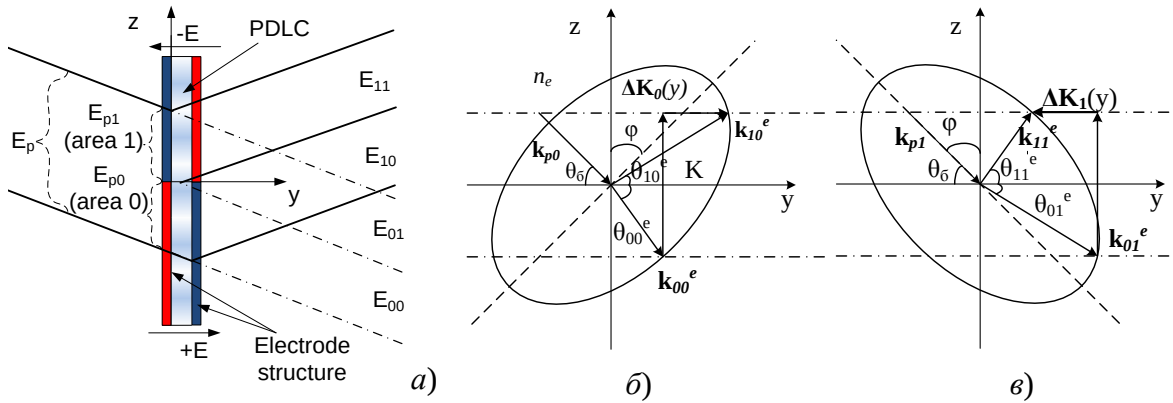


Рис. 1. Геометрия (а) и локальные векторные диаграммы дифракции необыкновенных волн при воздействии электрических полей противоположной полярности (б, в)

Будем рассматривать двумерную дифракцию Брэгга необыкновенных световых волн на неоднородной ФПМ-ЖК фотонной структуре. Знакопеременное управляющее электрическое поле E в отличие от [2] формируется неоднородной топологией электродной структуры на поверхности образца (рис. 1, а). Изменение полярности управляющего напряжения приводит к повороту директора ЖК в противоположную сторону и к изменению локальных векторных диаграмм дифракции рис. 1, б, в.

Взаимодействие световых пучков с ФС в областях 0 и 1 (рис. 1, а) ФПМ-ЖК описывается независимыми системами уравнений связанных волн (УСВ) в частных производных

$$N_{r0,j}^e \cdot \nabla E_{0,j}^e(\mathbf{r}) = -iC_{1,j}^e(\mathbf{r})n_1(\mathbf{r})E_{1,j}^e(\mathbf{r})\exp(+i\Theta_j(\mathbf{r})), \quad (1)$$

$$N_{r1,j}^e \cdot \nabla E_{1,j}^e(\mathbf{r}) = -iC_{0,j}^e(\mathbf{r})n_1(\mathbf{r})E_{0,j}^e(\mathbf{r})\exp(-i\Theta_j(\mathbf{r})), \quad (2)$$

где $C_{0,j}^e(\mathbf{r})$ – коэффициенты связи; $n_1(\mathbf{r})$ – амплитудный профиль первой

гармоники ФС; $j=0$ для области 0, $j=1$ для области 1; $\mathbf{N}_{r0,j}^e$, $\mathbf{N}_{r1,j}^e$ – групповые нормали; $\Theta_j(\mathbf{r}, E)$ – параметр интегральной фазовой расстройки

$$\Theta_j(\mathbf{r}, E) = \int_0^y \Delta K_j(y', E) dy', \quad (3)$$

где $\Delta K_j(y, E) = |\mathbf{k}_0(\mathbf{r}, E) - \mathbf{k}_1(\mathbf{r}, E) + \mathbf{K}|$ – модуль пространственно-неоднородного локального вектора фазовой расстройки, характеризующий изменение геометрии дифракции (рис. 1, б, в) по координате y при воздействии электрического поля.

Разбивая возмущенную область ФПМ-ЖК по y на N слоев толщиной d_n с неоднородными оптическими свойствами в каждом слое, а также используя параболическую аппроксимацию для $\Theta_j(\mathbf{r}, E) = \Theta_{nj}(y, E)$ и ступенчатую для $n_1(\mathbf{r})$, решения уравнений УСВ (1,2) в каждом слое найдем в аналитическом виде методом Римана [1] и представим в виде рекуррентных соотношений:

$$E_1^{en}(\eta) = E_1^{n-1} \left(-\frac{\eta}{v_1} \right) - i \frac{C_0 d_n}{2v_1} \int_{-1}^{+1} \exp \left[\delta m(1-y) + \delta^2 n(1-y)^2 \right] \left[\Phi \left(\frac{d'}{a}, 1; a \delta^2 \frac{v_1}{v_0} (1-y^2) \right) \times \right. \\ \left. \times E_0^{en-1} \left(\frac{\delta(1-y)}{v_0} - \frac{\eta}{v_1} \right) - i \frac{C_1 d_n}{2v_0} (1+y) \Phi \left(\frac{d'}{a} + 1, 2; a \delta^2 \frac{v_1}{v_0} (1-y^2) \right) E_1^{en-1} \left(\frac{\delta(1-y)}{v_0} - \frac{\eta}{v_1} \right) \right] dy, \quad (3)$$

$$E_0^{en}(\xi) = E_0^{n-1} \left(-\frac{\xi}{v_0} \right) - i \frac{C_1 d_n}{2v_0} \int_{-1}^{+1} \exp \left[\delta m'(1-y) + \delta^2 n'(1-y)^2 \right] \left[\Phi \left(\frac{d'}{b'}, 1; b' \delta^2 \frac{v_1}{v_0} (1-y^2) \right) \times \right. \\ \left. \times E_1^{en-1} \left(\frac{\xi - \delta(1-y)}{v_0} \right) - i \frac{C_0 d_n}{2v_1} (1+y) \Phi \left(\frac{d'}{b'} + 1, 2; b' \delta^2 \frac{v_1}{v_0} (1-y^2) \right) E_0^{en-1} \left(\frac{\xi - \delta(1-y)}{v_0} \right) \right] dy, \quad (4)$$

где $n = 1 \dots N$; ξ, η – апертурные координаты, $\Phi(a, b, c)$ – вырожденная гипергеометрическая функция, остальные обозначения приведены в [1, 3].

В результате численного моделирования по выражениям (3), (4) установлено, что электронное управление дифракционными свойствами ФПМ-ЖК ФС с неоднородной топологией электродной структуры является более эффективным.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2013 г. (проект № 7.2647.2011).

1. Кушнарев И. Н., Шарангович С. Н. // ЖТФ. 1993. Т. 63, № 2. С. 24–42.
2. Миргород В. Г., Ноздревых Б. Ф., Устюжанин С. В., Шарангович С. Н. // Квантовая электроника: Матер. 6-й Междунар. конф. Мн.: БГУ, 2006. С. 26.
3. Семкин А. О., Шарангович С. Н. // Известия вузов. Физика. 2013. Т. 56, № 9/2. С. 21–24.