

# Влияние двухпучковых взаимодействий на голографическое формирование фотополимерных ДОЭ для получения двумерных бесселеподобных пучков

В.О. Долгирев, С.Н. Шارانгович

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Россия

E-mail: shr@tusur.ru

В данной работе исследуется процесс голографического формирования двумерных дифракционных оптических элементов (ДОЭ) в фотополимерных материалах (ФПМ) с учетом двухпучковых взаимодействий (ДВ) для преобразования светового пучка с Гауссовым распределением в бесселеподобный.

При падении двух пучков света с Гауссовым и бесселеподобным распределениями на ФПМ внутри образца вследствие фотополимеризационного и диффузионного механизмов голографической записи формируется трехмерная дифракционная решетка (ДР) [1,2], характеризующая тем, что в областях малых контрастов интенсивности записывающего поля формируются дополнительные ДР вследствие ДВ [3].

Результирующий трехмерный амплитудный профиль первой гармоники показателя преломления ФПМ, описывающий временную динамику пространственного распределения ДР с учетом ДВ имеет вид :

$$n_{1H}(\tau, x, y, z) = \delta n_p F_2(x, z) \sqrt{m_0(x, z)} \int_0^\tau R(\tau', x, z) [1 + H(\tau', \tau, x, y, z)] d\tau',$$

где  $\delta n_p$  и  $\delta n_i$  – параметр модели, характеризующий изменение  $n$  вследствие полимеризации и диффузии компонент материала;  $\tau = t/T_m$  – относительное время;  $T_m$  – время диффузии;  $D_m$  – начальное значение коэффициента диффузии;

$F_2(x, z) = \frac{2^k}{b_x} \cdot \frac{2k}{1 + m_0(x, z)}$ ;  $m_0(x, z)$  – соотношение интенсивностей записывающих световых пучков;

$b_x = b(x, z) = T_p(x, z)/T_m$ ;

$T_p(x, z)$  – локальное время полимеризации;  $F_1(\tau, x, y, z) = 2^k / b_x + b_m(\tau, x, y, z)$ ;

$R(\tau, x, y, z) = \frac{M_0(\tau, x, y, z)}{M_n} - \left( \frac{2^k}{b_x} - C_n \right) \cdot \int_0^\tau \frac{M_0(\tau', x, y, z)}{M_n} \cdot e^{-\int_{\tau'}^\tau F_1(\tau', x, y, z) d\tau'} d\tau'$ ;

$M_0(\tau, x, y, z)$  – концентрация мономера для нулевой гармоники;  $M_n$  – начальная концентрация мономера;  $C_n = \delta n_i / \delta n_p$ ;

$\Gamma$  – нормализованный коэффициент связи, описывающий эффективность взаимодействия световых волн с решеткой;  $b_m(\tau, x, y, z) = \exp[-s(1 - M_0(\tau, x, y, z))/M_n]$ ;

$J_1[x, z]$  – функция Бесселя.

$$H(\tau, \tau, x, y, z) = \sqrt{\frac{i \cdot F_2(x, z) \cdot \Gamma \cdot \int_{\tau}^{\tau} R(\tau'', x, y, z) d\tau''}{y/d}} \cdot J_1 \left[ 2 \sqrt{i \cdot F_2(x, z) \cdot \Gamma \cdot \frac{y}{d} \cdot \int_{\tau}^{\tau} R(\tau'', x, y, z) d\tau''} \right].$$

Для сопоставления представленной теоретической модели и результатов эксперимента было проведено численное моделирование. На рис. 1, а приведены нормированные профили распределения интенсивности дифрагировавшего светового пучка, рассчитанного из соотношения дифракционных эффективностей с помощью модели, учитывающей эффекты двухпучковых взаимодействий. Из рис. 1, а видно, что боковые максимумы у дифрагировавшего пучка (экспериментального и теоретического) усилены по уровню, вследствие эффекта самодифракции. На рис. 1, б представлены экспериментально полученные двумерные профили интенсивности Гауссова, сигнального и дифрагировавшего пучка от расстояния между линзой и ПЗС-камерой [2]. Ширина сигнального и дифрагировавшего светового пучка остается практически постоянной, тогда как ширина Гауссова пучка изменяется в разы на небольшом расстоянии.

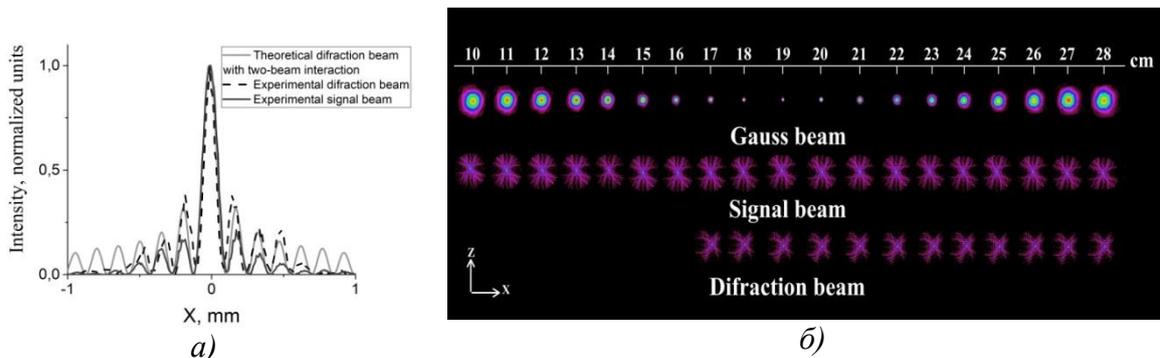


Рис. 1. Нормированные профили распределения интенсивности сигнального, теоретического и экспериментального дифрагировавшего светового пучка вдоль координаты «x» (а) и двумерные профили интенсивности Гауссова, сигнального и дифрагировавшего пучка от расстояния между линзой и ПЗС-камерой (б)

Таким образом, в данной работе разработана трехмерная теоретическая модель голографического формирования двумерного фотополимерного ДОЭ с учетом двухпучковых взаимодействий, позволяющего преобразовывать Гауссовы световые поля в бесселеподобные. Установлено, что уровень боковых максимумов у дифрагировавшего светового пучка усиливается по уровню по отношению с записывающим полем, вследствие влияния двухпучковых взаимодействий в областях малых контрастов записывающих световых полей.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки Российской Федерации в рамках Госзадания (Проект №3.1110.2017/4.6).

1. Semkin A., Sharangovich S. // Polymers. 2019. V. 11. No. 5. Art. № 861.
2. Semkin A.O., Sharangovich S.N. // Ferroelectricss. 2019. V. 544. No. 01. P.104.
3. Dovolnov E.A., Sharangovich S.N.// Russian Physics Journal. 2006. V. 49. No. 11. P. 1189.