

УДК 004.31:004.22:534:621.382

## ФОРМИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК В КРИСТАЛЛЕ $\text{LiNbO}_3$ МЕТОДОМ ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ ЗАПИСИ

К. т. н. А. Ю. Липинский, к. т. н. А. Н. Рудякова, д. т. н. В. В. Данилов

Донецкий национальный университет  
Украина, г. Донецк  
lipinskii@mail.ru

В работе представлена структурная схема устройства формирования дифракционных решеток в кристалле  $\text{LiNbO}_3$ . Проведено моделирование процесса формирования дифракционных решеток в виде периодической структуры с размером в половину длины акустической волны.

**Ключевые слова:** дифракционная решетка, фоторефрактивный кристалл, акустооптический модулятор.

Кристаллы  $\text{LiNbO}_3$  стехиометрического состава перспективны для применения в качестве фоторефрактивных сред в устройствах регистрации оптической информации, поскольку обладают достаточно высоким фоторефрактивным эффектом [1].

Устройство формирования дифракционных решеток в кристалле  $\text{LiNbO}_3$ , структурная схема которого приведена на рис. 1, состоит из следующих узлов: лазерный модуль на основе лазера с диодной накачкой (длина волны 532 нм, выходная мощность 5—200 мВт) с расширителем пучка; устройство формирования пространственно-модулированного светового пучка, состоящее из двух акустооптических модуляторов (АОМ), работающих по схеме параллельной дифракции на встречных акустических пучках [2] с пространственным фильтром, исключаяющим нулевой порядок дифракции; освещаемый объект (фоторефрактивный кристалл или устройство для микрофотосъемки).

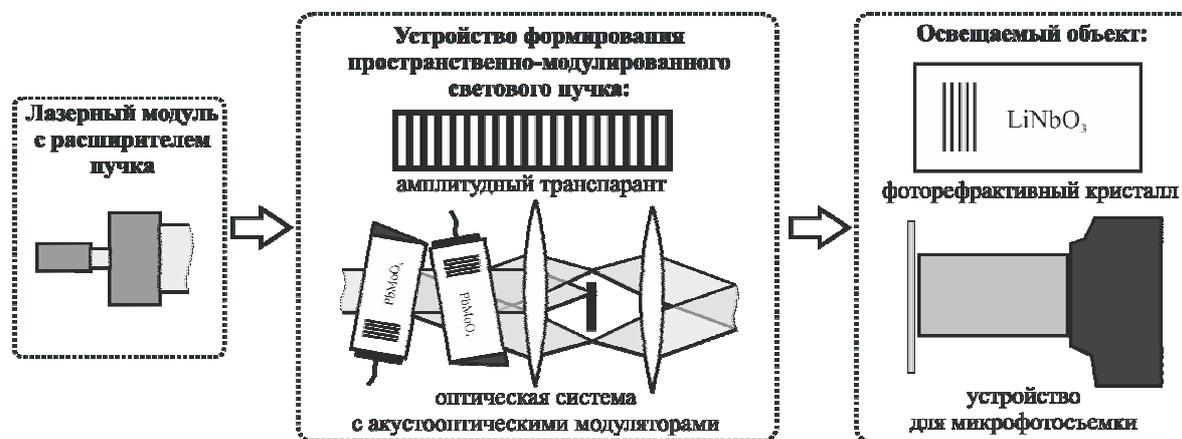


Рис. 1. Структурная схема устройства

В схеме на рис. 1 каждый из акустооптических модуляторов повернут по отношению к падающему световому пучку под углом Брэгга, функция пропускания системы  $h(x, t)$  имеет вид

$$h(x, t) = \left[ 1 + j \frac{1}{2} \tilde{v}_1(t - x/V) \right] \cdot \left[ 1 + j \frac{1}{2} \tilde{v}_2(t + x/V - T) \right],$$

где  $\tilde{v}_1(t)$  и  $\tilde{v}_2(t)$  – аналитические сигналы, соответствующие сигналам, подаваемым на электроакустические преобразователи АОМ,  $V$  – скорость звука в среде АОМ,  $T$  – время распространения акустического сигнала в апертуре АОМ. В случае использования коллимированного светового пучка распределение интенсивности света, падающего на фоторефрактивный кристалл,  $I_{\text{вблх}}(x, t)$  можно записать как [2]:

$$I_{\text{вых}}(x, t) = \left| j \frac{1}{2} \tilde{v}_1(t - x/V) + j \frac{1}{2} \tilde{v}_2(t + x/V - T) \right|^2.$$

Световой пучок большой интенсивности, проходящий через кристалл, изменяет его показатель преломления вследствие фоторефрактивного эффекта [3]. На рис. 2 приведены результаты моделирования процесса записи амплитудно-фазового транспаранта в кристалле LiNbO<sub>3</sub> методом распространяющегося пучка (Beam Propagation Method, BPM). Моделирование выполнено с учетом следующих параметров: размер кристалла LiNbO<sub>3</sub> 45×10×9 мм; линейный показатель преломления необыкновенной волны  $n_e = 2,2$ ; эффективный нелинейный показатель преломления  $n_2 = -1,4 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{В}^2$ ; длина волны 532 нм и интенсивность падающего светового потока 3 Вт/см<sup>2</sup> [3]. На рис. 2, а показана эволюция интенсивности  $I$  записывающего светового пучка в направлении распространения внутри кристалла LiNbO<sub>3</sub>.

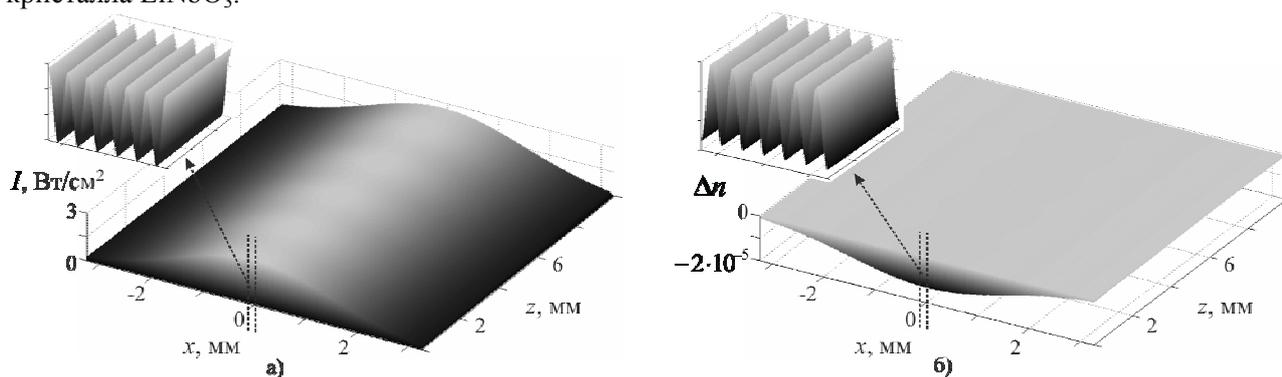


Рис. 2.

На рис. 2, б показано пространственное распределение изменения коэффициента преломления  $\Delta n$ , из которого видно, что в фоторефрактивном кристалле формируется фазовый транспарант в виде периодической структуры, состоящей из чередующихся областей с различным  $n$ , и периодом, соответствующим пространственному распределению интенсивности записывающего пучка. Различия в значениях  $n$  в данном случае определяются характеристиками светового потока на входе устройства формирования (в рассмотренном случае это гауссов пучок).

Таким образом, выполненное в работе моделирование процесса формирования дифракционных решеток в кристалле LiNbO<sub>3</sub> показало возможность синтеза периодической структуры с размером в половину длины акустической волны, что может быть использовано для формирования в оптоэлектронном акустооптическом вычислительном устройстве каналов обработки информации малых поперечных размеров.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Антонычева Е.А., Сидоров Н.В., Сюй А.В. и др. Кинетика фоторефрактивного рассеяния света в кристаллах ниобата лития стехиометрического состава // Перспективные материалы.— 2010.— № 5.— С. 36–40.
2. Липинский А.Ю. Синтез дифракционных решеток в кристалле LiNbO<sub>3</sub> // Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. «Радиотехника».— 2012.— №169.— С. 343–348.
3. Липинский А.Ю., Рудякова А.Н., Данилов В.В. Моделирование процессов записи-чтения фоторефрактивных транспарантов методом распространяющегося пучка // Регистрация, хранение и обработка данных.— 2011.— Т. 13, № 2.— С. 16–26.

A. Y. Lipinskii, A. N. Rudiakova, V. V. Danilov

#### Formation of diffraction gratings in LiNbO<sub>3</sub> crystal by photorefractive recording.

The paper presents the block scheme of the device used for formation of diffraction gratings in a LiNbO<sub>3</sub> crystal. The modeling of formation process of diffraction grating as periodic structure with half of acoustic wavelength size has been conducted.

*Keywords: diffraction grating, photorefractive crystal, acousto-optic modulator.*