

УДК 538.91:538.93:538.97

DOI: 10.17223/00213411/62/4/154

*П.П. БАСНИН<sup>1</sup>, И.М. ЧИРКОВА<sup>1</sup>, Э.П. КОКАНЯН<sup>2</sup>, С.М. КОСТРИЦКИЙ<sup>2</sup>, О.Г. СЕВОСТЬЯНОВ<sup>1</sup>***ФОТОТЕРМИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ МИКРООПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР  
В МОДИФИЦИРОВАННОМ ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ  
МОНОКРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ\****Ключевые слова:* ниобат лития, фототермические процессы, лазерная модификация, ионный обмен.

Электрооптические кристаллы ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ , LNO) относятся к базовым материалам современной интегральной оптоэлектроники. В составе LNO интегрально-оптических схем часто необходимо наличие эффективных и компактных дифракционных компонентов, которые могут служить сенсорными блоками, элементами связи, узкополосными светофильтрами в направляемых модах и т.п. В настоящее время создание таких компонентов сопряжено с использованием технологически сложных и дорогостоящих методов структурной или/и химической модификации поверхности и приповерхностного слоя материала. Целью данной работы являлось изучение возможности последовательного формирования подобных структур в кристаллах LNO с помощью простой техники лазерного возбуждения локальной внутренней диффузии примесей из специально подготовленного («затравочного») двойного ионообменного слоя  $\text{LiNbO}_3\text{:H:Cu}$ .

Диффузионный слой  $\text{LiNbO}_3\text{:H:Cu}$  на поверхности полированных пластин X- и Z-срезов номинально беспримесных кристаллов LNO конгруэнтного состава, выращенных Gooch&Housego PLC и ИФИ НАН Армении (г. Аштарак), сформирован методом комбинированного ионного обмена в расплаве пальмитиновой кислоты с добавками карбоната меди и карбоната лития. В результате топотактической реакции ионного замещения, идущей преимущественно по каналам  $\text{Li}^+ \leftrightarrow \text{H}^+$ ,  $\text{Cu}^+ \leftrightarrow \text{H}^+$ ,  $\text{Li}^+ \leftrightarrow \text{Cu}^+$ , в приповерхностном слое исходных кристаллов LNO были получены системы, состоящие из надслоя  $\text{LiNbO}_3\text{:H:Cu}$  (слой I) и субслоя  $\text{LiNbO}_3\text{:H}$  (слой II). Реализация такой двухслойной структуры становится возможной за счет разности коэффициентов диффузии водорода и меди в решетке LNO при каскадном характере процессов замещения ионов в выбранном режиме ионного обмена [1]. Суммарная глубина диффузии обеих примесей в слоях I и II, согласно оценкам, выполненным с использованием методов прецизионной шлифовки и химического травления в HF, с последующими измерениями методами оптической микроскопии, инфракрасной спектроскопии, электронной абсорбционной спектроскопии и конфокальной раман-микроскопии (спектроскопии микроКРС), не превышала 0.5 мкм. Дополнительно из этих измерений было установлено, что кристаллическая структура приповерхностного слоя соответствовала электрооптически выгодной  $\alpha$ -фазе по всей глубине модифицированного слоя. Диффузия ионов  $\text{Cu}^+$  в кристаллическую решетку  $\text{LiNbO}_3$  сопровождается ростом оптического поглощения в асимметричной полосе общей шириной не менее 2 эВ и максимумом вблизи 3.6 эВ. Высоочастотные компоненты этой полосы, относимые к электронным переходам с центров  $\text{Cu}^+$  в зону проводимости, обычно используются для оценки концентрации меди в кристаллах  $\text{LiNbO}_3\text{:Cu}$ . Однако более важным параметром данной полосы поглощения, в нашем случае, являлось значение оптической плотности  $D \geq 1.5$  в области 2.4–2.6 эВ, поскольку в этот диапазон попадают энергии фотонов в двух наиболее мощных линиях излучения  $\text{Ag}^+$ -лазера ( $\lambda_1 = 514.5$  нм и  $\lambda_2 = 488$  нм), использованного нами для последующего лазерного структурирования образцов в ионообменном слое.

Основной принцип методики фототермической модификации (ФТМ) образцов состоял в активации процесса нестационарной локальной термоэлектродиффузии введенных примесей из приповерхностного ионообменного слоя сегнетоэлектрического кристалла при его нагреве сфокусированным лазерным пучком. Фокусировка пучка выполнялась объективами 50X (NA = 0.50) или 100X (NA = 0.9) при выходной мощности лазера  $P = 1\text{--}20$  мВт, что позволяло достигать интенсивностей  $I \approx 10^5\text{--}10^6$  Вт/см<sup>2</sup> в каустике, пересекающей слои I и II (рис. 1, а). Кроме того, для изменения конфигурации экспонируемого участка образца точечная ФТМ сопровождалась линейным аппаратным сдвигом кристалла со скоростью  $V = 1\text{--}250$  мкм/с в заданной двумерной координатной сетке в плоскости среза с помощью управляемой моторизованной платформы. Таким образом, поверхность кристалла последовательно сканировалась лазерным лучом, имеющим минимальный диаметр  $d \approx 1$  мкм в каустике. Для формирования периодических структур в данной работе был выбран программный алгоритм горизонтального смещения образца в виде меандра с регулируемым периодом  $D = 1\text{--}10$  мкм. Любые вариации этого периода, а также топологии экспонируемой области при ФТМ ограничены лишь значением  $d$  и аппаратными параметрами оптомеханики в применяемой установке. Полную длину каустики в кристалле можно приближенно оценить величинами в диапазоне 3–11 мкм, в зависи-

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-52-05012.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>