

УДК 538.91:538.93:538.97

DOI: 10.17223/00213411/62/4/154

П.П. БАСНИН¹, И.М. ЧИРКОВА¹, Э.П. КОКАНЯН², С.М. КОСТРИЦКИЙ², О.Г. СЕВОСТЬЯНОВ¹**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 (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 Goosch&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 α -фазе по всей глубине модифицированного слоя. Диффузия ионов Cu^+ в кристаллическую решетку LiNbO_3 сопровождается ростом оптического поглощения в асимметричной полосе общей шириной не менее 2 эВ и максимумом вблизи 3.6 эВ. Высокочастотные компоненты этой полосы, относимые к электронным переходам с центров 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 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 ($\text{NA} = 0.50$) или 100X ($\text{NA} = 0.9$) при выходной мощности лазера $P = 1\text{--}20$ мВт, что позволяло достигать интенсивностей $I \approx 10^5\text{--}10^6$ Вт/см² 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>