

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ПЛАСТИН НИОБАТА ЛИТИЯ Z-СРЕЗА ДЛЯ СЕРИЙНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОТОНООБМЕННЫХ ВОЛНОВОДОВ

М. И. Булатов, А. Б. Волынцев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Входной контроль качества пластин ниобата лития проводили с помощью оптической, лазерной и электронной микроскопии, а также методом модовой спектроскопии. Проведен анализ состояния поверхностных слоёв пластин ниобата лития Z-среза с заданным распределением примесей, полученных в Кубанском государственном университете по сравнению с пластиной ниобата лития производства Crystal Technology (США). Установлено, что образец ниобата лития с заданным распределением примесей содержит множество царапин и сколов на поверхности, а также более глубокий дефектный поверхностный слой по сравнению с образцом производства Crystal Technology. Качество поверхности затрудняет использование таких пластин в качестве подложки для интегральной оптики, однако результаты модовой спектроскопии показали, что данные структурные отличия практически не сказываются на величине приращения показателя преломления протонообменных волноводов.

Ключевые слова: ниобат лития; протонообменные волноводы; поверхностные слои

EVALUATION OF APPLICABILITY OF LITHIUM NIOBATE Z-CUT FOR SERIAL MANUFACTURE OF PROTON-EXCHANGED WAVEGUIDES

M. I. Bulatov, A. B. Volyntsev

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

The entrance quality control of lithium niobate plates was carried out by means of optical, laser and electron microscopy, as well as by mode spectroscopy. The analysis of the state of the surface layers of Z-cut lithium niobate plates with a predetermined distribution of impurities obtained at the Kuban State University is compared with the plate manufactured by Crystal Technology (USA). It has been established that a sample of lithium niobate with a predetermined impurity distribution contains many scratches and chips on the surface, as well as a deeper defective near-surface layer in comparison with the Crystal Technology sample. The quality of the surface makes it difficult to use such plates as a substrate for integrated optics, but the results of mode spectroscopy have shown that these structural differences practically do not affect the magnitude of the increment of the refractive index of proton-exchange waveguides.

Keywords: lithium niobate; proton-exchanged waveguides; surface layers

Монокристалл ниобата лития является одним из самых используемых материалов при разработке оптических волноводов. Ниобат лития используют, при создании протонообменных волноводов как подложку для интегрально-оптических схем. Качество поверхностных слоев монокристалла ниобата

лития значительно влияет на параметры интегрально-оптических схем, для изготовления которых используется данный материал [1].

Известно, что у ниобата лития после нарезки или оптической полировки, всегда существуют механически нарушенные поверхностные слои [2]. После механической обработки образуются три типа нарушенных поверхностных слоя: рельефный, трещиноватый и «мертвый». Таким образом, контроль качества исходных пластин ниобата лития становится важной задачей при производстве интегрально-оптических схем.

Исследуемые образцы ниобата лития были выращены методом Чохральского с заданным распределением примесей по всей длине в Кубанском государственном университете [3]. Образцы стехиометрического состава Z-среза, представляли собой пластины толщиной 3 мм с диаметром 2,5 см. Структуру и свойства поверхностных слоёв, а также оптические характеристики протонообменных волноводов сравнивали с аналогичными параметрами для пластин ниобата лития производства Crystal Technology (США). Протонный обмен осуществляют с целью получения волноводов на поверхности пластин ниобата лития. Процесс протонного обмена в ниобате лития является, по сути, ионным обменом [4], в котором ионы лития в кристалле замещаются протонами из подходящего источника. Это приводит к формированию оптического волновода, поддерживающего свет.

Исследование качества поверхности образцов проводили с использованием оптического микроскопа Olympus MX61 (рис. 1).

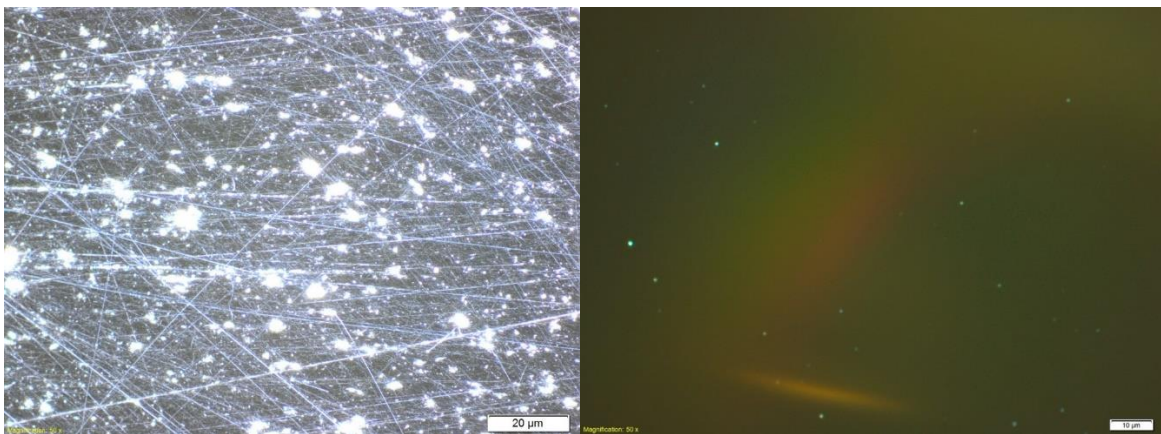


Рис. 1. Поверхность пластины ниобата лития с заданным распределением примесей (слева); поверхность серийно производимого образца ниобата лития производства Crystal Technology (справа)

Поверхность пластины ниобата лития, полученной в Кубанском государственном университете содержит множество разнонаправленных царапин и сколов. Применение таких пластин для создания элементов интегральной оптики, таких как, каналные волноводы и электроды будет весьма затруднительным. Дефекты поверхности будут влиять на качество указанных элементов, что, в конечном счете, приведет к высокому браку и

финансовым потерям при серийном производстве интегрально-оптических систем.

Также была оценена шероховатость поверхности образцов ниобата лития обоих производителей. Среднее арифметическое значение отклонения профиля для ниобата лития, полученного в Кубанском государственном университете, составило 6 ± 2 нм, а для образца производства Crystal Technology – $0,85 \pm 0,08$ нм. Полученные результаты показывают, что шероховатость поверхности образца ниобата лития, полученного в Кубанском государственном университете, в 6 раз превышает величину шероховатости образца ниобата лития производства Crystal Technology.

На рис. 2 представлены изображения изломов образцов ниобата лития обоих производителей, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S3400N. Из полученных изображений следует, что толщина дефектного приповерхностного слоя для ниобата лития, полученного в Кубанском государственном университете, составила 15 мкм, а для образца производства Crystal Technology – 7 мкм. Отличие в толщинах более чем в 2 раза.

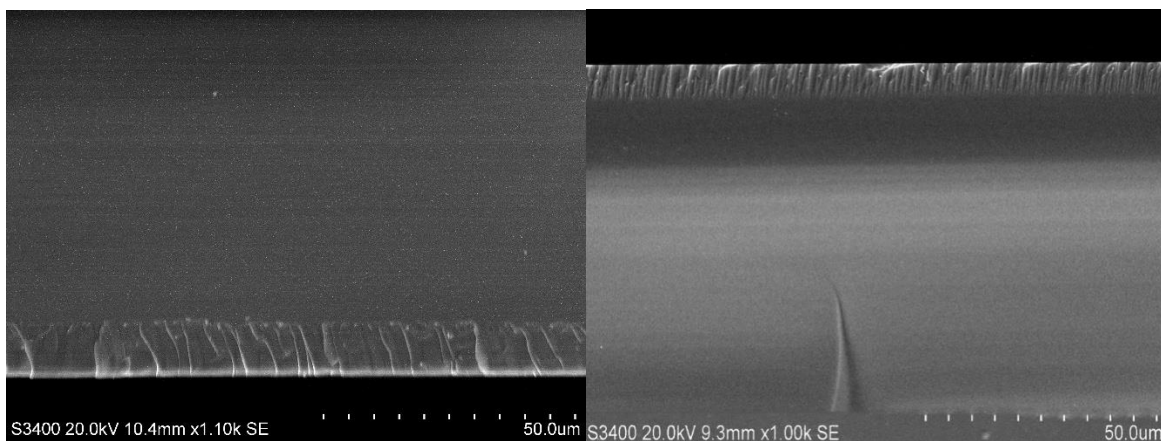


Рис. 2. Структура ниобата лития после излома: Кубанский государственный университет (слева), Crystal Technology (справа)

Методом модовой спектроскопии были получены следующие результаты:

Тип	Δn_e	δ , мкм
С заданным распределением примесей	$0,0251 \pm 0,0002$	4,7
Crystal Technology	$0,0258 \pm 0,0002$	4,7

Приращение показателя преломления, а также глубина протонообменного волновода обоих производителей различаются незначительно.

Полученные результаты исследований образцов ниобата лития обоих производителей указывают на существенную разницу в состоянии поверхностных слоев, однако это практически не сказывается на потических характеристиках волноводов. Тем не менее, использование подложек ниобата лития с большой концентрацией царапин и сколов на поверхности

не позволит создавать высококачественные канальные волноводы и электроды.

Список литературы

1. *Сосунов А. В.* Исследование приповерхностных слоев Х–среза монокристалла ниобата лития / Дипломная работа. Пермский государственный национальный исследовательский университет, кафедра физики твердого тела, 2013. 44 с.
2. *Кострицкий С. М., Новомлинцев А. В.* Композиционная неоднородность приповерхностных нарушенных слоев в монокристаллах LiNbO_3 // Физика твердого тела. 1996. Т. 38. № 5. С. 1614–1616.
3. *Патент.* 2402646 Российская Федерация. Способ выращивания монокристаллов с заданным распределением примесей по его длине / Галуцкий В. В., Строгонова Е. В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Куб ГУ»; заявл. 03.10.09; опубл. 27.10.10.
4. *Spillman W. B., Sanford N. A., Soref R. A.* Optical waveguides in LiTaO_3 formed by proton exchange // Optics Letters. 1983. Vol. 8. N. 9. P. 497–498.