

## МИКРОТВЁРДОСТЬ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ $\text{LiNbO}_3$

В. А. Юрьев, А. Б. Волынцев, А. В. Сосунов

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

Ниобат лития (НЛ) широко используется при создании интегрально-оптических схем в качестве основы для размещения протонообменных волноводов. Физические и химические свойства НЛ выделяют его среди аналогичных материалов, в то время как возможность выращивания методом Чохральского [1] делает его доступным для массового производства.

В процессе производства пластин НЛ, непосредственно использующихся в интегрально-оптических схемах и элементах, кристалл подвергается различным видам физических и/или химических обработок. Это необходимо для создания гладкой поверхности пластины, на которой будет создана структура волновода. Однако показано [2], что совокупность процедур обработки приводит к созданию приповерхностного дефектного слоя, резко отличающегося по своим свойствам от остального кристалла, его собственной дефектной структуры [3]. Глубина расположения этого слоя и его физические характеристики могут оказывать влияние на свойства волновода в кристалле [4]. Неоднородность слоя может привести к отсутствию воспроизводимости результатов работы интегрально-оптической схемы, что является недопустимым в массовом производстве.

Целью данной работы является изучение некоторых характерных свойств приповерхностного дефектного слоя — его толщины и механических характеристик.

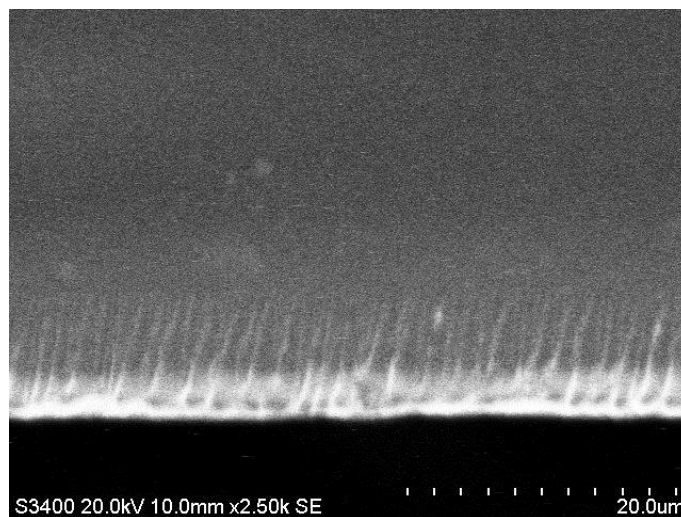
Образец размером  $20 \times 10 \times 1$  мм<sup>2</sup> сначала был вырезан из пластины НЛ производства Crystal Technology, затем процарапан алмазной пирамидой по одной стороне и надломлен вручную по линии реза. Такой метод подготовки меньше всего нарушает внутреннюю структуру кристалла.

Для описания исследуемой структуры образца использовали сканирующий электронный микроскоп Hitachi S3400N при ускоряющем напряжении 20 кВ в режиме рассеянных электронов. Для получения наиболее точного изображения структуры непроводящую поверхность образца не покрывали специальным напылением, что привело к снижению качества изображения.

Исследование механических характеристик образца проводили с помощью атомного силового микроскопа Bruker Icon путем внедрения алмазного индентора в исследуемую поверхность. Жесткость материала оценивалась по величине глубины внедрения, наблюдаемой при заданном значении силы вдавливания — 2 мкН. Глубина внедрения оценивалась по кривой индентирования, полученной на обратном ходе кантилевера.

Исследование проводили на поверхности размером  $12 \times 48$  мкм с шагом сетки 1,2 мкм по обоим направлениям. Каждая точка получена путём осреднения десяти значений соответствующего параметра.

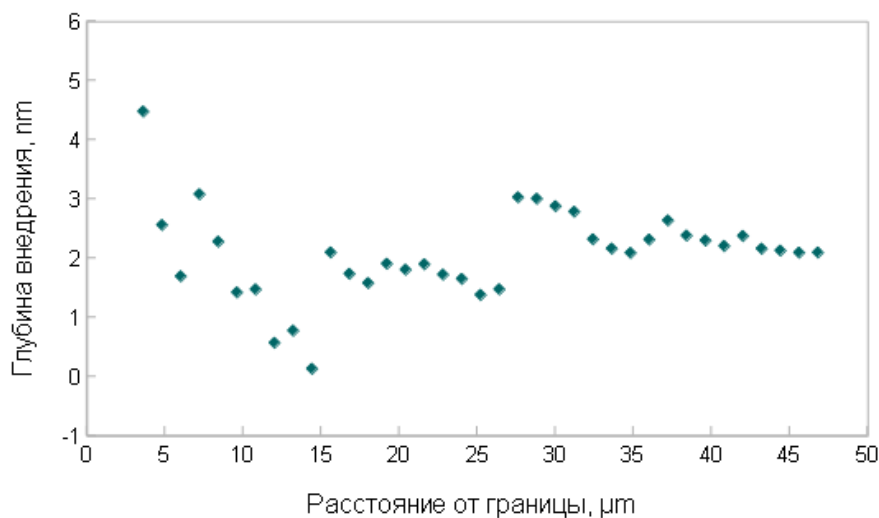
Результаты сканирующей электронной микроскопии представлены на рисунке 1.



**Рис. 1.** Микроструктура поперечного сечения НЛ

Из рисунка 1 виден приповерхностный слой, толщиной порядка 15 мкм. В дефектном слое наблюдаются плоскости множественного скольжения поверхности излома, тогда как в толще кристалла скол преимущественно идет по одной плоскости. Это указывает на высокую плотность дислокаций в дефектном слое, отклоняющих поверхность скола при деформации.

Зависимость глубины внедрения индентора от расстояния до поверхности образца показана на рисунке 2.



**Рис. 2.** Механические свойства приповерхностного слоя НЛ

Мы наблюдаем непостоянство механических характеристик в слое глубиной до 15 мкм. Существует чёткая граница, разделяющая дефектный слой и остальной кристалл. Результаты исследований хорошо согласуются между собой.

### Список литературы

1. *Блистанов А. А.* Кристаллы квантовой и нелинейной оптики. М.: МИСИС, 2000. 432 с.
2. Интегральная оптика / Под ред. Т. Тамира. М.: Мир, 1978. 344 с.
3. *Кузьминов Ю. С.* Электрооптический и нелинейнооптический кристалл ниобата лития. М.: Наука, 1987. 264 с.
4. *Jungerman R. L.* et al. High-speed optical modulator for application in instrumentation // J. Light. Technol. 1990. Vol. 8(9). P. 1363-1370.