

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТНЫХ СЛОЕВ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

А.В. СОСУНОВ, Р.С. ПОНОМАРЕВ, А.Б. ВОЛЫНЦЕВ

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

Кристалл ниобата лития (НЛ) является одним из наиболее широко используемых материалов при создании канальных волноводов для интегрально-оптических схем, таких как электрооптические модуляторы, Y-разветвители, поляризатор, PPLN-структуры. Преимущество НЛ заключается в малых оптических потерях, высоких электрооптических коэффициентах и возможности относительно легко создавать на его поверхности волноводы стандартными фотолитографическими методами[1].

Интегрально-оптические схемы (ИОС) на ниобате лития обладают одним существенным недостатком, который заключается в медленном дрейфе показателя преломления волноводов. Данное явление зависит от ряда факторов, среди которых состав исходного кристалла, пьезоэлектрический эффект, перераспределение зарядов в решетке НЛ, толщина и состав буферных слоев, приложение внешнего электрического поля, наличие и степень герметичности корпуса. Однозначное объяснение дрейфа показателя преломления затруднено тем, что при создании экспериментальных образцов невозможно отбросить все факторы и рассматривать только какой-то один. В настоящее время дрейф показателя преломления ИОС не нашел однозначного объяснения, что явно указано в [2].

Попытки поиска фактора, общего для всех экспериментов, возвращают нас к исходному кристаллу ниобата лития, причем объектом исследования должны быть приповерхностные области, окружающие канальный волновод. Такие области имеют свойства, существенно отличающиеся от объемных, что обусловлено, как близостью поверхности, так и механической обработкой кристалла в ходе шлифовки и полировки монокристаллических пластин. Как указано в [3], в сегнетоэлектрических кристаллах вблизи поверхности может наблюдаться существенное изменение состава кристалла, обусловленное процессами поверхностного экранирования поля спонтанной поляризации. Там же указано, что в ходе полировки пластины вблизи поверхности может возникать несколько слоев, обладающих разными по отношению друг к другу и объему свойствами. Однако подробное влияние этих слоев на стабильность канальных волноводов ранее не рассматривалось.

На рис. 1 показан торец пластины НЛ, снятого на электронном микро-

скопе Hitachi S3400 после того, как пластину сломали. Из рис. 1 отчетливо видно, что вблизи поверхности кристалла НЛ имеется дефектный слой толщиной порядка 12 мкм. Стоит заметить, что данный дефектный слой начинается не от самой поверхности, а на 2-3 мкм ниже ее. Это подтверждает тот факт, что в процессе полирования края трещин вытягиваются и размазываются, пока не сомкнутся, оставляя трещину (дефекты) непосредственно под поверхностью, как говорилось ранее в работе [4].

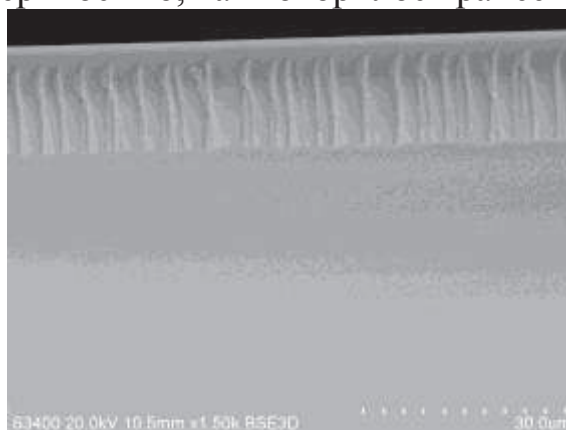


Рис. 1. Поверхность торца НЛ после излома

Этот же образец кристалла НЛ был исследован методом рентгеноструктурного анализа с помощью дифрактометра ДРОН УМ1. Была получена кривая $\theta/2\theta$ (рис. 2).

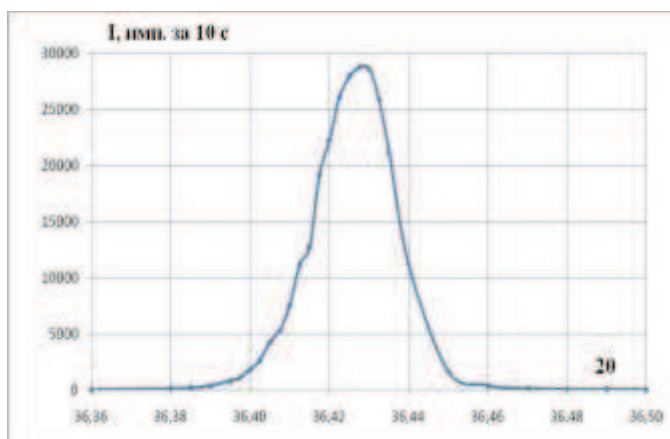


Рис. 2. Кривая $\theta/2\theta$ НЛ

Из рис. 2 видно, что пик НЛ имеет несимметричный вид, это говорит о том, что приповерхностный слой имеет несовершенную структуру. Известно, что глубина проникновения излучения с длиной волны $\lambda=1.62075 \text{ \AA}$ в НЛ составляет $\sim 10 \text{ мкм}$. Это значение не является табличным, оно было получено расчетным путем (оценка коэффициента поглощения) и затем подтверждено экспериментально. Следовательно, рентгеновское излучение захватывает и поверхностный слой и приповерхност-

ный дефектный слой.

Из полученных результатов следует, что под поверхностью пластин НЛ после резки и полировки существует деформированный слой со структурой, сильно отличной от структуры по всему объему кристалла НЛ. Следовательно, данный дефектный слой обладает другими свойствами по отношению к объему. Если данный слой обладает большой плотностью точечных дефектов, дислокаций, а канальные волноводы имеют глубину порядка 5-7 мкм, т.е. формируются как раз в приповерхностных дефектных слоях, то движение зарядов в области канальных волноводов может приводить к дрейфу показателя преломления волноводов.

Ранее при проектировании и производстве устройств интегральной оптики существование, особенности и эволюция этого слоя не учитывались. Учет свойств обнаруженного слоя необходим при разработке устройств с повышенными требованиями к надежности и стабильности рабочих характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jackel J.L., Rice C.E., Veselka J.J.* Proton exchange for high-index waveguides in LiNbO₃ // *Applied Physics Letters*. 1982. Т. 41. № 7. С. 607.
2. *Chen E., Murphy A.* Broadband Optical Modulators: Science, Technology, and Applications // *Broadband Optical Modulators Science, Technology, and Applications*. 2011. С. 517.
3. *Кострицкий С.М., Новомлинцев А.В.* Композиционная неоднородность приповерхностных нарушенных слоев в монокристаллах LiNbO₃ // *ФТТ*. 1996. Т. 38. № 5. С. 1614–1616.
4. *Интегральная оптика*. Под редакцией Т.Тамира, М.: Мир, 1978. 344 с.