

Исследование особенностей формирования доменной структуры при облучении электронным пучком кристаллов конгруэнтного ниобата лития с поверхностным диэлектрическим слоем

Д.С. Чезганов^{1,2}, Е.О. Власов¹, Л.В. Гимадеева¹, Е.М. Васькина¹,
К.В. Масляная¹, П.С. Зеленовский¹, В.Я. Шур^{1,2}

¹*Институт естественных наук и математики, Уральский Федеральный Университет, 620000, Екатеринбург, Россия*
chezganov.dmitry@urfu.ru

²*ООО «Лабфер», 620014, Екатеринбург, Россия*

Нами проведено экспериментальное и путем компьютерного моделирования исследование формирования доменных структур (ДС) при облучении электронным пучком кристаллов (1) конгруэнтного ниобата лития (CLN), (2) CLN, легированного 5 мол% MgO (MgOCLN) и (3) CLN с планарными и канальными волноводами, полученными методом мягкого протонного обмена (CLN:SPE) [1-5]. В результате в MgOCLN и CLN:SPE созданы регулярные доменные структуры (РДС) и продемонстрирована генерация второй гармоники (ГВГ).

Study of features of domain structure formation induced by electron beam irradiation of congruent lithium niobate crystals covered by dielectric layer

D.S. Chezganov^{1,2}, E.O. Vlasov¹, L.V. Gimadeeva¹, E.M. Vaskina¹,
P.S. Zelenovskiy¹, V.Ya. Shur^{1,2}

¹*School of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620000, Ekaterinburg, Russia*

²*Labfer Ltd., 620014, Ekaterinburg, Russia*

We carried out an experimental and computer simulation study of the formation of domain structures after irradiation by an electron beam of (1) congruent lithium niobate (CLN) crystals, (2) CLN doped with 5 mol% MgO (MgOCLN) and (3) CLN with planar and channel waveguide created by Soft Proton Exchange Method (CLN:SPE) [1-5]. As a result, periodical domain structures (RDS) were created in MgOCLN and CLN:SPE and the second harmonic generation (SHG) was demonstrated.

Исследуемые образцы представляли собой пластины (1) CLN, (2) MgOCLN и (3) CLN:SPE, вырезанные перпендикулярно полярной оси, толщиной 0,5, 1 и 0,5 мм, соответственно. Процесс SPE проводился в бензойной кислоте с концентрацией бензоата лития 3,1% при 300°C в течение 70 часов. Облучаемая Z^- полярная поверхность была покрыта 2,5 мкм слоем резиста. На противоположную поверхность наносился сплошной металлический электрод. Облучение проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа Auriga Crossbeam (Carl Zeiss), оснащенного системой электронно-лучевой литографии Elphy Multibeam (Raith). Использовались два режима облучения: точечное и полосовое экспонирование с различными периодами и дозами. Доменная структура была исследована на поверхности методами сканирующей микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) и после селективного химического травления методами оптической и сканирующей электронной микроскопии, а в объеме кристалла – методом сканирующей микроскопии генерации второй гармоники.

Было показано, что качество РДС зависит от толщины резиста и энергии электронов. Показано, что использование поверхностно слоя резиста является ключевым фактором при создании высококачественных РДС электронным пучком.

Измерены зависимости размеров изолированных доменов и полосовых доменов от дозы облучения. Изучены особенности морфологии доменов и выявлены зависимости от параметров облучения. Проведен сравнительный анализ особенностей формирования

доменов в кристаллах CLN, CLN:SPE и MgOCLN. Получены параметры облучения для создания наиболее однородной РДС.

С помощью компьютерного моделирования было изучено формирование пространственного заряда и распределение электрического поля. Показано, что локализация пространственного заряда в слое резиста вблизи границы резист/LN приводит к возникновению максимального поля на границе и формированию РДС лучшего качества (Рис. 1). Механизм образования и роста доменов под действием поля, создаваемого пространственным зарядом, объяснен в рамках кинетического подхода [6].

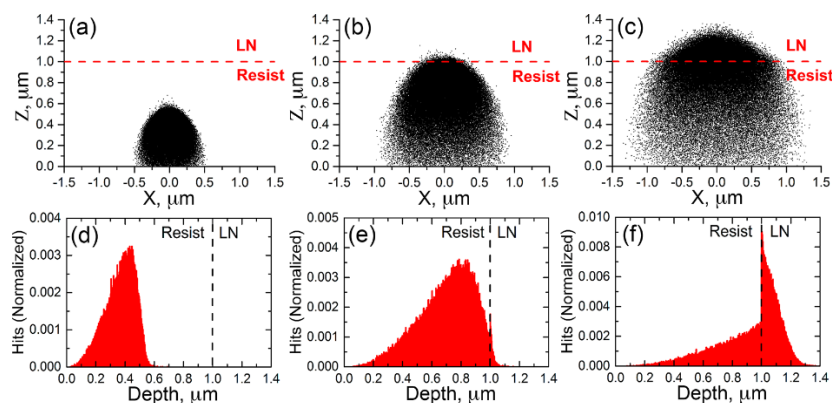


Рисунок 1. (a) – (c) Распределение пространственного заряда в ZX-плоскости и (d) – (f) нормированное распределение максимальной глубины проникновения электронов для различных значений ускоряющего напряжения (a), (d) 7 кВ, (b), (e) 10 кВ, (c), (f) 12 кВ.

Полученные данные были использованы для оптимизации процесса создания РДС. В результате в 1 мм пластинах MgOCLN была создана РДС с площадью $1 \times 5 \text{ мм}^2$ и периодом 6,89 мкм (Рис. 2(a), 2(b)). Была продемонстрирована ГВГ зеленого света. Высокая однородность периодической структуры была подтверждена достигнутой эффективностью ГВГ [1]. В канальных волноводах, созданных в CLN:SPE также была сформирована РДС с периодом 16 мкм и показана ГВГ (Рис. 2(c)). Полученная эффективность преобразования $50\% / (\text{Вт} \times \text{см}^2)$ была сравнима с эффективностью коммерческих образцов [2].

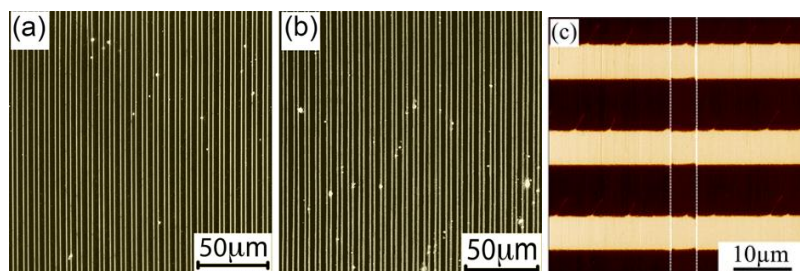


Рисунок 2. Регулярные доменные структуры в (a) – (b) MgCLN [1-4], (c) CLN:SPE с канальными волноводами [5]. (a) Z-, (b) Z+.

Работа выполнена с использованием оборудования УЦКП «Современные нанотехнологии» УрФУ, при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №17-72-10152).

1. V.Ya. Shur, D.S. Chezganov, et al., *Appl. Phys. Lett.* **106**, 232902 (2015).
2. D.S. Chezganov, et al., *Ferroelectrics* **476**, 117 (2015).
3. D.S. Chezganov, et al., *Ferroelectrics* **496**, 70 (2016).
4. D.S. Chezganov, et al., *Ferroelectrics* **508**, 9 (2017).
5. D.S. Chezganov, et al., *Appl. Phys. Lett.* **108**, 192903 (2016).
6. V.Ya. Shur, *J. Mater. Sci.* **41**, 199 (2006).