

Регулярные доменные структуры, сформированные ионным пучком в кристаллах конгруэнтного танталата лития

Гимадеева Любовь Вячеславовна

Чезганов Дмитрий Сергеевич, Власов Евгений Олегович, Зеленовский Павел Сергеевич,

Чувакова Мария Артёмовна, Шур Владимир Яковлевич

Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета

Шур Владимир Яковлевич, д.ф.-м.н.

Чезганов Дмитрий Сергеевич, к.ф.-м.н.

lv.gimadeeva@urfu.ru

Танталат лития (LT) обладает большими значениями нелинейно-оптических, электрооптических и пьезоэлектрических коэффициентов. Кристаллы LT с регулярной доменной структурой (РДС) используют для преобразования частоты лазерного излучения и создания различных фотонных устройств.

Исследуемые образцы представляли собой пластины конгруэнтного LT толщиной 0,5 мм, вырезанные перпендикулярно полярной оси. Облучение ионами Ga⁺ полярной поверхности, покрытой диэлектрическим слоем резиста, производилось с использованием рабочей станции Auriga Crossbeam (Carl Zeiss), оборудованной системой ионно-лучевой литографии. На противоположную поверхность образца был нанесен сплошной металлический электрод. Применялись различные способы облучения поверхности ионным лучом: точечное облучение – матрицы 10×10; а также серии регулярных полос с различным периодом. Облучение производилось с использованием различных доз заряда. Сформированная доменная структура была визуализирована с помощью силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) и конфокальной микроскопии комбинационного рассеяния (КМКР).

При точечном облучении на Z⁺-полярной поверхности во всем диапазоне доз формировались домены круглой формы. В диапазоне от 10 до 100 пКл радиус доменов увеличивался пропорционально дозе. Подобная зависимость типична для локального переключения проводящим зондом. При дозах более 30 пКл возникала нестабильность формы доменных стенок: увеличение шероховатости, формирование волнистой доменной стенки (рис. 1а) и появление нанодоменных «стримеров», ориентированных в Y-кристаллографическом направлении (рис. 1б). При дозах более 30 пКл домены прорастали сквозь пластину. При этом на Z⁻-полярной поверхности формировались домены в форме правильного треугольника со скругленными углами. При помощи КМКР изучено изменение формы домена с глубиной от круглой к треугольной. Обнаруженный эффект отнесен за счет экспериментально выявленной в кристаллах семейства LT зависимости формы доменов от эффективности экранирования деполяризующего поля [1, 2].

Оптимизацией процесса переключения была создана РДС с периодом 2 мкм на площади 100×100 мкм² (рис. 1в). Использовано дискретное облучение с периодом точек 500 нм, выстроенных в ряд вдоль формируемой доменной полосы, при дозе 0,5 Кл, токе пучка 1 нА и диаметре пучка 400 нм. Исследование доменной структуры в объеме кристалла методом КМКР показало, что глубина полосовых доменов до распада на цепи изолированных доменов достигает 70 мкм. Создание РДС с рекордно малыми периодами позволит создавать новые высокоэффективные нелинейно-оптические и интегрально-оптические устройства.

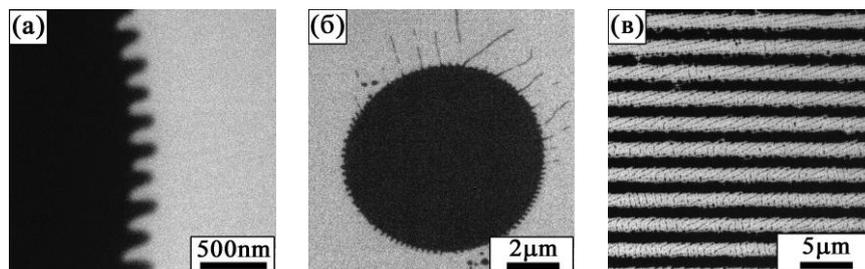


рис. 1 - СМПО изображения доменов, созданных облучением ионным пучком Z⁺ полярной поверхности: (а) волнистая доменная стенка; (б) изолированный домен (доза 60 пКл); (в) РДС с периодом 2 мкм (доза 0,5 пКл).

В работе использовано оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ. Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых МК-8441.2016.2.

Список публикаций:

[1] V.Ya., Shur ed. J.W.P. Schmelzer. – Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 178-214 (2005).

[2] V.Ya. Shur et al., Appl. Phys. Lett., 103., 24, 242903 (2013).

[3] D.S. Chezganov, V.Ya. Shur, et al. Appl. Phys. Lett. 110, 082903 (2017).