

Создание электронным пучком регулярных доменных структур в монокристаллах КТР

Е.А. Пашнина, А.С. Нураева, М.С. Небогатиков, Д.С. Чезганов, В.Я. Шур

Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет, 620000 Екатеринбург, Россия
e-mail: elena.pashnina@urfu.ru

Проведено исследование формирования доменной структуры при облучении электронным пучком монокристаллов титанил-фосфата калия (KTiOPO_4 , КТР), покрытых диэлектрическим слоем. Выявлены основные закономерности зависимости параметров изолированных и полосовых доменов от дозы и ускоряющего напряжения. Определены предельные углы отклонения заряженных доменных стенок от Y -направления. В кристаллах толщиной 1,3 мм создана регулярная структура сквозных полосовых доменов с периодом 10 мкм.

КТР широко используется для создания устройств управления когерентным излучением в области среднего ИК излучения, благодаря широкому диапазону прозрачности. Значительный практический интерес представляет создание кристаллов с регулярной доменной структурой. На примере ниобата лития показано, что облучение электронным пучком поверхностей, покрытых диэлектрическим слоем, может быть использовано для создания сквозных регулярных доменных структур [1, 2].

Проводилось облучение сфокусированным электронным пучком пластин КТР, толщиной 1,3 мм, вырезанных перпендикулярно полярной оси. На облучаемую Z полярную поверхность методом центрифугирования был нанесен слой фоторезиста AZ 2020 nLOF (Microchemicals GmbH) толщиной 2,5 мкм, а на противоположную Z^+ поверхность методом магнетронного распыления – сплошной медный электрод, который заземлялся во время облучения. Облучение производилось с использованием двулучевой рабочей станции Auriga Crossbeam Workstation (Carl Zeiss NTS) с интегрированной литографической системой Elphy Multibeam (Raith GmbH). Полученные доменные структуры были визуализированы на полярных поверхностях с использованием сканирующей микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО) [3] и в объёме с использованием микроскопии генерации второй гармоники Черенкова (МГВГ) [4].

Точечное облучение проводилось матрицами 10×10 точек с периодом 10 мкм и дозами от 10 до 1000 пКл. На облученной Z^- полярной поверхности (Рис. 1а) были выявлены домены, вытянутые вдоль Y -направления, что характерно для кристаллов с симметрией C_2 [5]. Площадь доменов линейно увеличивается с дозой до 90 пКл. Полученная зависимость может быть обусловлена тем, что возникающее при переключении деполяризующее поле компенсируется экранированием инжектированными зарядами, что является аналогом тока во внешней цепи при традиционном переключении в сегнетоэлектрическом конденсаторе. Увеличение размеров доменов с ростом ускоряющего напряжения обусловлено большей глубиной проникновения электронов в резист, что приводит к приближению заряда рассеянных электронов к полярной поверхности.

В результате облучения вдоль ориентированных вдоль Y -направления линий 10×1 с периодом 10 мкм и длиной 100 мкм дозами от 50 до 450 нКл/см формировались сквозные полосовые домены с плоскими доменными стенками (Рис. 1б,в). Линейная зависимость ширина доменов от дозы обусловлена внешним экранированием деполяризующего поля инжектированными зарядами. Анализ зависимости скважности (отношения ширины доменов к периоду структуры) от дозы и ускоряющего напряжения показал, что оптимальные значения скважности (0,5) могут быть получены для 500 нКл/см при напряжении 10 кВ и для 200 нКл/см при напряжении 12 кВ.

Для определения предельных углов отклонения доменных стенок производилось облучение линиями под углами от 0° до 90° к Y -направлению. Показано, что на облучаемой

Z-полярной поверхности можно создавать изолированные домены и массивы полосовых доменов с произвольной ориентацией, однако, при прямом прорастании форма доменов изменяется. Выявлено три стадии изменения формы доменов при прорастании: (1) формирование Y-ориентированных стенок; (2) частичное слияние доменов; (3) частичное разбиение слившихся доменов на доменные сегменты с Y-ориентированными стенками. Полное прорастание сквозь пластину одиночного сплошного полосового домена возможно при отклонении от Y-направления не более чем на 20° , а для решеток не более чем на 4° .

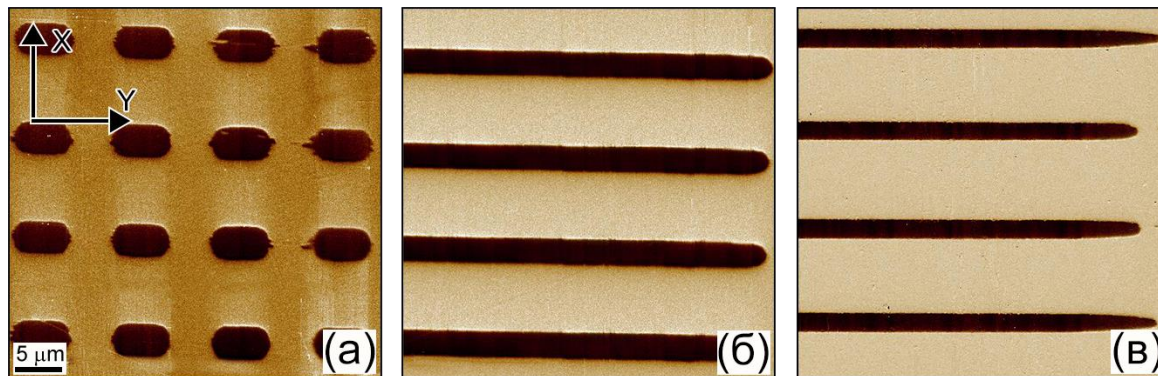


Рисунок 1. СМПО изображения доменов, полученных в результате: (а) точечного облучения при ускоряющем напряжении 12 кВ и дозе 30 пКл и облучения вдоль линий при ускоряющем напряжении 10 кВ и дозе 150 нКл/см (б) на Z-поверхности, (в) на Z+поверхности.

Полученные результаты представляют значительный интерес для дальнейшего развития методов доменной инженерии в кристаллах КТР для создания мощных, надежных и эффективных когерентных источников света.

В работе использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии». Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-29-20077.

1. V.Ya. Shur, D.S. Chezganov, A.R. Akhmatkhanov, D.K. Kuznetsov, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 232902 (2015).
2. E.O. Vlasov, D.S. Chezganov, L.V. Gimadeeva, E.A. Pashnina, et al, *Ferroelectrics* **542**, 85 (2019).
3. E.J. Soergel, *Phys. Appl. Phys.* **44**, 464003 (2010).
4. Y. Sheng, A. Best, H.-J. Butt, W. Krolikowski, A. Arie, K. Koynov, *Opt. Express* **18**, 16539 (2010).
5. V.Ya. Shur, A.A. Esin, M.A. Alam, A.R. Akhmatkhanov, *Appl. Phys. Lett.* **111**, 152907 (2017).