

Изменение формы доменов с заряженными доменными стенками при локальном переключении поляризации на неполярном срезе MgO:LN

Ю.М. Аликин, А.П. Турыгин, Д.О. Аликин, В.Я. Шур

*Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет УрФУ, 620000 Екатеринбург, Россия
e-mail: alikin.jurij@gmail.com*

Сегнетоэлектрические заряженные доменные стенки (ЗДС) рассматриваются в качестве элемента новых наноэлектронных устройств, таких как транзисторы и элементарные ячейки памяти [1-3]. Проводимость ЗДС зависит от величины отклонения стенки от полярного направления, возможность управления которым была продемонстрирована в LN [4]. Создание стабильных ЗДС с контролируемой величиной отклонения является одной из актуальных задач. Для изучения формы доменов и величины отклонения проводилось локальное переключение поляризации на неполярном срезе LN [5, 6].

В работе исследовалась форма изолированных доменов, образующихся на неполярном Y срезе монокристалла ниобата лития, легированного 5% оксида магния (MgO:LN) при локальном переключении поляризации в неоднородном электрическом поле, созданном зондом сканирующего зондового микроскопа (СЗМ). Для уменьшения обратного переключения зонд отрывался от поверхности перед отключением напряжения [6]. Применялись: (1) однократное переключение прямоугольными импульсами с последующей визуализацией домена, и (2) многократное переключение одинаковыми импульсами с приложением поля в одну точку и визуализацией домена после каждого импульса. Визуализация домена осуществлялась методом силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМПО). Все эксперименты проводились при комнатной температуре в атмосфере сухого азота.

Показано, что локальное переключение приводит к образованию вытянутых в полярном направлении клиновидных доменов с ЗДС. При многократном переключении существенно увеличивается ширина домена, в то время как длина несколько уменьшается (Рис. 1а-с). Переключение десятью импульсами приводит к двукратному уменьшению соотношения сторон и двукратному увеличению отклонения (Рис. 1d).

Длина и ширина доменов, созданные однократным переключением, увеличивается пропорционально логарифму длительности импульса [7]. При этом отклонение около $1,2^\circ$ не изменяется заметно во всем используемом диапазоне длительностей импульсов (Рис. 1е). Длина домена линейно растет от 2,5 до 17,5 мкм при увеличении напряжения от 50 до 200 В. При этом ширина домена увеличивается от 0,23 до 0,53 мкм. В результате существенно увеличивается соотношение сторон и уменьшается величина отклонения от $2,5$ до $0,8^\circ$ (Рис. 1f).

Полученные результаты рассмотрены в рамках кинетического подхода к росту доменов в сегнетоэлектриках, основанного на аналогии роста кристаллов и сегнетоэлектрических доменов [8, 9], а также проведен расчет пространственного распределения полярной компоненты поля, создаваемого зондом СЗМ. Рост доменов в полярном направлении рассматривался как результат генерации ступеней и движения кинков и определялся превышением локального поля над пороговым значением [10].

Выявленные закономерности открывают новые возможности для контролируемого изменения отклонения от полярного направления и проводимости заряженных доменных стенок в сегнетоэлектрических кристаллах.

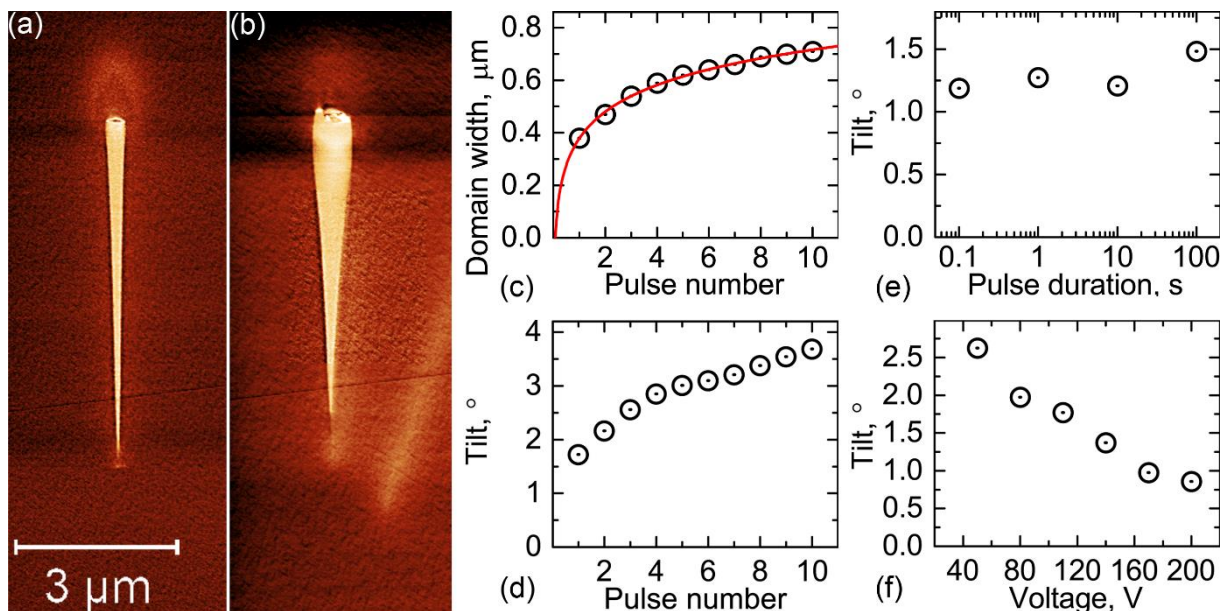


Рисунок 1. СМПО-изображения доменов после локального переключения: (a) 1 импульс, (b) 10 импульсов. напряжение 100 В, длительность 0,1 с. (c) Зависимость ширины домена от количества импульсов. Зависимости отклонения: (d) от количества импульсов при многократном переключении, при однократном переключении: (e) от длительности импульса при напряжении 100 В и (f) от напряжения при длительности 100 мс.

В работе использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» ИЕиМ УрФУ. Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 20-32-90200).

1. P. S. Bednyakov et. al., *Npj Comput. Mater.* **4**, 65 (2018).
2. A. Q. Jiang, Y. Zhang, *NPG Asia Mater.* **11**, 2 (2019).
3. X. Chai et. al., *Nat. Commun.* **11**, 2811 (2020).
4. A. A. Esin, A. R. Akhmatkhanov, V. Ya. Shur, *Appl. Phys. Lett.* **114**, 092901 (2019).
5. D.O. Alikin et al., *Appl. Phys. Lett.*, **106**, 182902 (2015).
6. A.V. Ievlev et al., *ACS Nano*, **9**, 769 (2015).
7. B. J. Rodriguez et. al., *Appl. Phys. Lett.* **86**, 012906 (2005).
8. V. Ya. Shur, *J. Mater. Sci.* **1**, 199 (2006).
9. V. Ya. Shur, E. V. Pelegova and M. S. Kosobokov, *Ferroelectrics* **569**, 251 (2020).
10. V. Ya. Shur et al., *J. Appl. Phys.* **129**, 044103 (2021).