

05;11;12

Локальное переключение поляризации в кристаллах LiNbO_3

© С.О. Фрегатова, А.Б. Шерман

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 10 февраля 1997 г.

В работе на примере ниобата лития представлены предварительные результаты исследований локального переключения поляризации в тонком приповерхностном слое сегнетоэлектрика. Переполяризация осуществляется с помощью подвижного заостренного электрода.

Наши исследования ориентированы на изучение локальной переполяризации сегнетоэлектриков в тонком приповерхностном слое. Эта цель реализуется с помощью подвижного электрода в форме острия — аналога иглы в сканирующем туннельном микроскопе. На острие подается электрический потенциал, в результате чего локально, в заданной области поверхности сегнетоэлектрика, создается электрическое поле, достаточное для переключения поляризации.

В качестве объекта исследований были выбраны монокристаллы ниобата лития. Среди известных нам сегнетоэлектриков этот одноосный материал обладает наибольшим значением коэрцитивного поля (≈ 20 кВ/мм). В нем могут существовать домены со взаимно противоположным направлением спонтанной поляризации, которая ориентирована вдоль упомянутой оси (оси Z).

Монокристаллический образец с характерными размерами $3 \times 3 \times 0.5$ мм помещается на поверхность первого электрода — проводящей пленки хрома, нанесенной на дно неглубокой кюветы. К поверхности кристалла подводится укрепленное на микроманипуляторе вольфрамовое острие (радиус кривизны конца острия не превышал 1 мкм). Оно служит вторым электродом и имеет возможность перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях. Для предотвращения электрических пробоев по поверхности образца кювета заполняется трансформаторным маслом.

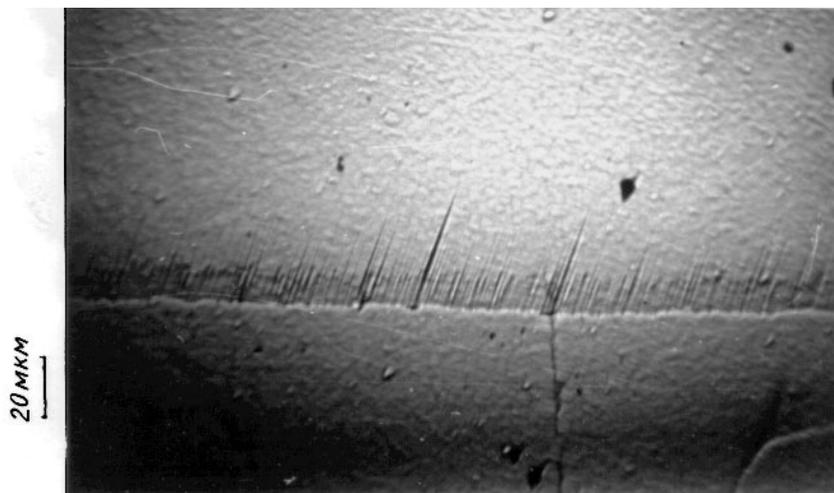


Рис. 1. Вид протравленной поверхности образца в месте проведения линии при $U = 2750$ В.

Описанная схема используется для исследования локальной реполяризации на образцах с различной ориентацией оси Z . Связано это с тем, что в непосредственной близости (≈ 10 мкм) от конца острия на структуру электрического поля мало влияет форма и положение противоположного электрода, удаленного на сотни микрон. Силовые линии поля в этой области расходятся от острия во всех направлениях в пределах объемного угла $\approx 2\pi$.

Визуализация получаемых доменных структур производилась с помощью химического травления образцов в горячей смеси азотной и плавиковой кислот (соотношение 2 : 1). Этот метод основан на том, что скорость травления образца в области доменной стенки повышена.

На рис. 1 представлен один из результатов локального переключения поляризации в приповерхностной области образца ниобата лития с осью Z , параллельной поверхности. Однородно поляризованный образец толщиной ≈ 1.5 мм с полированной поверхностью предварительно был протравлен в упомянутом травителе для снятия поверхностного нарушенного слоя. В результате толщина образца уменьшилась на 20 мкм. Острием, касающимся поверхности образца, при комнатной

температуре были проведены линии длиной ≈ 1 мм на некотором расстоянии друг от друга. Скорость перемещения точки касания по поверхности образца оценивается как ≈ 1 мм/с. Каждой проведенной линии соответствовала своя разность потенциалов (U), приложенная между слоем хрома и острием. После того как образец был еще раз протравлен, на его поверхности проступил рельеф, который был сфотографирован в отраженном свете. На рисунке представлена область поверхности, которая прилегает к месту проведения линии при $U = 2750$ В.

Интерференционные измерения глубины протравленных областей позволили сделать заключение о том, что каждой линии, проведенной острием, соответствует канавка. При $U \geq 1550$ В заметно, что дно канавок испещрено следами иглообразных доменов, вытянутых в одном и том же направлении. Такие иглообразные домены регистрировались и в экспериментах по переполяризации $\text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ в однородном электрическом поле [1]. Домены ориентируются параллельно оси Z . От места соприкосновения острия и поверхности они растут в том направлении, где плоскостная составляющая электрического поля острия вызывает переполяризацию сегнетоэлектрика. При изменении знака U на противоположный, домены развиваются в противоположную сторону.

На рис. 2 представлены зависимости глубины протравленных областей h (мкм) от расстояния S (мм), отсчитываемого поперек канавок. Началом отсчета для h является уровень поверхности кристалла, а для S — край канавки, к которому обращены основания доменов. При значениях разности потенциалов ≥ 2400 В наблюдается резкий рост глубины и ширины канавок.

При использованных значениях разности потенциалов глубина протравленных областей не превысила 0.15 мкм. По-видимому, переключение поляризации, происходило в пределах поверхностного слоя такого же порядка толщины. Последующее травление образца лишь сглаживает рельеф, практически не влияя на глубину канавок.

Иные результаты были получены для образца ниобата лития с осью Z , перпендикулярной поверхности. В этом случае локальное переключение поляризации под движущимся острием развивается от поверхности кристалла вглубь. На протравленной поверхности хорошо проявляются области двух параллельных доменных стенок, ограничивающих по бокам каждый домен, который образуется вдоль траектории движущегося острия. При уменьшении разности потенциалов от 2.75 до 0.9 кВ ширина домена уменьшается от ≈ 2 мкм до значения, меньшего 1 мкм.

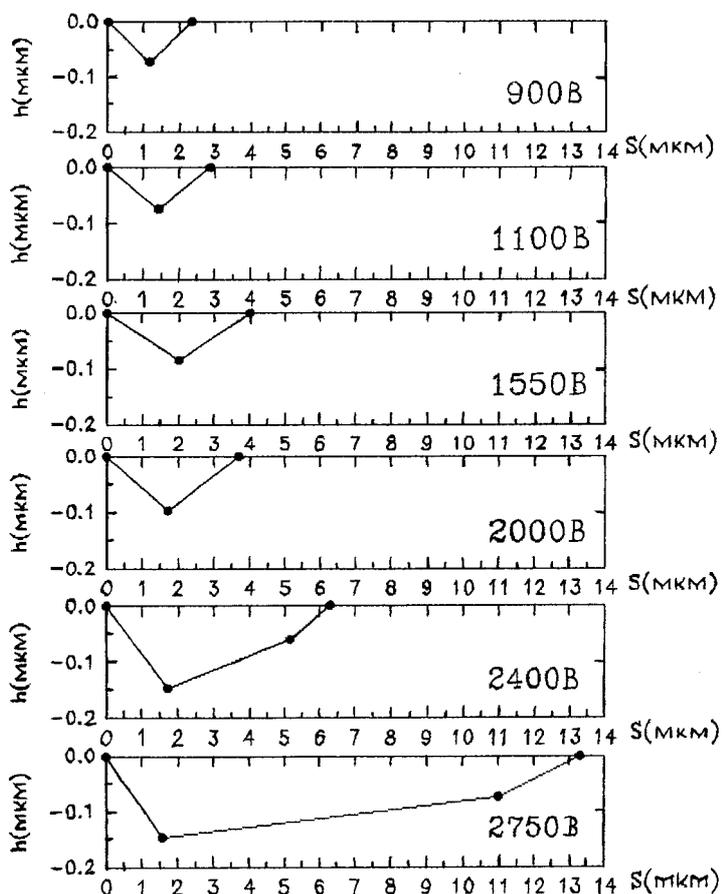


Рис. 2. Зависимость глубины (h) вытравленных канавок от расстояния (S), отсчитываемого поперек канавок. Указаны значения U , при которых проводились линии.

Таким образом, полученные результаты показывают, что при использовании в качестве одного из электродов острия нетрудно осуществить локальную переполаризацию даже такого "жесткого" сегнетоэлектрика, как ниобат лития.

На основе представленного явления может быть реализовано микромасштабное пишущее по поверхности сегнетоэлектриков устройство ("микроплоттер"). С его помощью можно создавать в приповерхностной области кристалла доменные структуры для использования в нелинейной оптике [2,3] (синхронизация генерации второй гармоники), акустике [4] (преобразователи электрического сигнала в акустический) и других областях физики твердого тела.

При перемещении острия по поверхности сегнетоэлектрика может осуществляться и дискретная запись информации. В отличие от сегнетоэлектрических пленочных систем, которые предполагается использовать для различных систем памяти [5], в рассматриваемом случае сегнетоэлектрическая среда однородна, технология ее изготовления проще.

Полученные результаты могут послужить основой для дальнейших исследований приповерхностной области сегнетоэлектриков и, в частности, кинетики образования и роста доменов.

Список литературы

- [1] *Atsuko Kuroda, Sunao Kurimura, Yosiaki Uesu* // Appl. Phys. Lett. 1996. V. 69. N 11. P. 1565–1567.
- [2] *Nutt A.C.G., Gopalan V., Gupta M.C.* // Appl. Phys. Lett. 1992. V. 60. N 23. P. 2828–2830.
- [3] *Yong-yuan Zhu, Nai-ben Ming, Wen-hua Jiang* // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 15. P. 1381–1384.
- [4] *Shi-ning Zhu, Yong-yuan Zhu, Zhi-yong Zhang* // J. Appl. Phys. 1995. V. 77. N 10. P. 5481–5483.
- [5] *Scott J.F., Paz de Araujo C.A.* // Science. 1989. V. 246. P. 1400–1405.