

## Атомно-силовая микроскопия монокристаллических и поликристаллических сегнетоэлектрических пленок

*Е. В. Гущина, А. В. Анкудинов, Л. А. Делимова, В. С. Юферев, И. В. Грехов.*

ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия  
тел: (812) 292-73-17, эл. почта: *katgushch@yandex.ru*

Сегнетоэлектрические (СЭ) пленки представляют интерес для использования в энергонезависимой ячейке памяти нанометровых размеров. Записанная информация в ней хранится в виде остаточной поляризации. Надежность работы такой ячейки зависит от транспортных свойств носителей заряда в пленке. В этом случае механизмы проводимости СЭ пленок удобно изучать методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) с проводящим зондом [1-3]. Так, в работе [1] показано, что за транспорт носителей заряда в 30-нм пленке  $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_3$  (PZT) ответственен туннельный электрорезистивный эффект. В работе [2] обнаружено, что в поликристаллической  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  пленке проводимость по границам гранул выше, чем внутри самих гранул. А токи утечки в монокристаллической пленке  $\text{PbZr}_{0.07}\text{Ti}_{0.93}\text{O}_3$  объяснялись проникновением дефектов из подложки или наличием вторичных фаз в пленке [3]. В нашей работе с помощью сканирующей зондовой лаборатории Интегра Аура (производство НТМДТ, Москва) продолжены АСМ исследования возможных механизмов проводимости  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  пленок по составу близких к морфотропной границе.

С помощью микроскопии сопротивления растекания были проведены исследования монокристаллических и поликристаллических сегнетоэлектрических пленок различных по составу, по толщине, типу подложки и методу осаждения. Обнаружено, что на всех образцах поляризованная область является более проводящей по сравнению с окружающими областями. Кроме того, в поликристаллической пленке проводимость по границам зерен выше, чем проводимость самих зерен, что согласуется с результатами работы [2]. Последний факт можно объяснить наличием сверхтонкой прослойки полупроводниковой фазы  $\text{PbO}$  на границах зерен, которые образуют проводящие каналы между электродами [4]. Так же проводились исследования на одиночной грануле поликристаллической пленки. Измеренные вольт-амперные характеристики (ВАХ) показали, что после поляризации зерна отрицательным напряжением проводимость возрастает, а после приложения положительного напряжения убывает. Это свидетельствует о том, что величина тока зависит от направления поляризации. "тот эффект на-

блюдался также и в форвакуумных условиях ( $\sim 10^{-2}$  мбар), что исключает возможный вклад поверхностной воды в механизм проводимости. Так же показано, что отклик тока поликристаллической пленки  $\text{PbZr}_{0.45}\text{Ti}_{0.55}\text{O}_3$  на прикладываемое смещение демонстрирует длинную релаксацию тока порядка десятков секунд. Для монокристаллических пленок продолжительность этого процесса достигала сотен секунд. Эти значения на два-три порядка больше времени перезарядки, связанной с переключением сегнетоэлектрического домена. Измеренные с помощью АСМ длинные времена релаксации тока и характер локальных ВАХ хорошо согласуются со стандартными измерениями проводимости через Pt электроды диаметром 330 нм и толщиной 100 нм, осажденные на эту же  $\text{PbZr}_{0.45}\text{Ti}_{0.55}\text{O}_3$  пленку [5]. Так как наблюдаемый ток имеет черты емкостного тока, полученные результаты можно объяснить медленной перезарядкой глубоких уровней, локализованных на границах PZT зерен, и участвующих в экранировании поляризационного заряда [5]. Существует также интересный механизм релаксации, связанный с формой домена поляризации. Недавние исследования формы такого домена в релаксаторах показали, что доменная стенка может идти под некоторым углом к поверхности пленки [6]. Такие доменные стенки оказываются подвижными и могут приводить к наблюдаемой в АСМ длинной токовой релаксации.

Работа поддержана грантом Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-3306.2010.2. и РФФИ № 10-02-00562.

### Литература

1. P. Maksymovich et.al. Science, 324, p. 1421 (2009).
2. H. Fujisawa et.al. Appl.Phys.Lett 71 (3), p.416-418 (1997).
3. N. Izyumskaya et.al. Appl.Phys.Lett, 91, 182906 (2007).
4. J. K. Lee et.al. Journal of Semiconductor Technology and Science, 2 (3), (2002).
5. L. A. Delimova et.al. MRS Proceedings, 1292, mrsf10-1292-k03-31(2011).
6. A. Kholkin et.al. Adv.Funct.Mater., 21, (2011).