

Локальный пьезоэлектрический отклик и пьезоэлектрический эффект в пленках танталата лития

К.Д. Бакланова¹, А.В. Солнышкин¹, Д.А. Киселев², Р.Н. Жуков², М.Д. Малинкович²

¹ Тверской Государственный университет, 170100, Тверь, Россия
ch.baklanova@gmail.com

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, Москва, Россия

В работе получены пленочные образцы танталата лития, сформированные на кремниевых подложках. Проведены исследования физических свойств, включающие локальные пьезоэлектрические и пьезоэлектрические свойства.

Последние несколько лет танталат лития (LiTaO_3) широко изучался в связи с отличными пьезоэлектрическими, нелинейно - оптическими и сегнетоэлектрическими характеристиками. Пленки танталата лития обладают хорошими пьезоэлектрическими свойствами в большом диапазоне температур, что может использоваться в термочувствительных микросхемах. Объемный пьезоэлектрический коэффициент кристалла LiTaO_3 ($230 \text{ мкКл}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) практически в три раза больше, чем для ниобата лития (LiNbO_3) ($70 \text{ мкКл}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$). Именно поэтому пленки LiTaO_3 более привлекательны для изучения, чем их аналог из ниобата лития.

Пленки танталата лития толщиной 150 нм наносили на подложку из монокристаллического кремния методом магнетронного распыления монокристаллической мишени в плазме смеси газов кислорода и аргона в объемном соотношении 40:60. При напылении танталата лития использовали следующие параметры технологического процесса: мощность ВЧ-магнетрона 150 Вт; вращение подложки 2 об/мин; давление смеси газов в камере $4,3 \cdot 10^{-3}$ торр. Полученный образец, подвергали двум отжигам в естественной атмосфере печи резистивного нагрева. Первый отжиг проходил при $550 \text{ }^\circ\text{C}$, второй при температуре $700 \text{ }^\circ\text{C}$, оба отжига проводились в течении одного часа.

Изображения поверхности и доменной структуры пленок танталата лития получены на атомно-силовых микроскопах Solver Pro (NT-MDT) и MFP-3D SA (Asylum Research) в режиме силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика (СМП). Среднеквадратичная шероховатость поверхности составила 3 нм.

В режиме спектроскопии переключения (SS-PFM) получены остаточные петли локального пьезоэлектрического гистерезиса в разных участках поверхности пленки LiTaO_3 , обозначенные на Рисунке 1б: для участка (I) наблюдается ярко выраженный гистерезис, свойственный сегнетоактивной области пленки, для участка (II) гистерезис отсутствует, что ассоциируется нами как несегнетоактивная область пленки LiTaO_3 (вторая фаза).

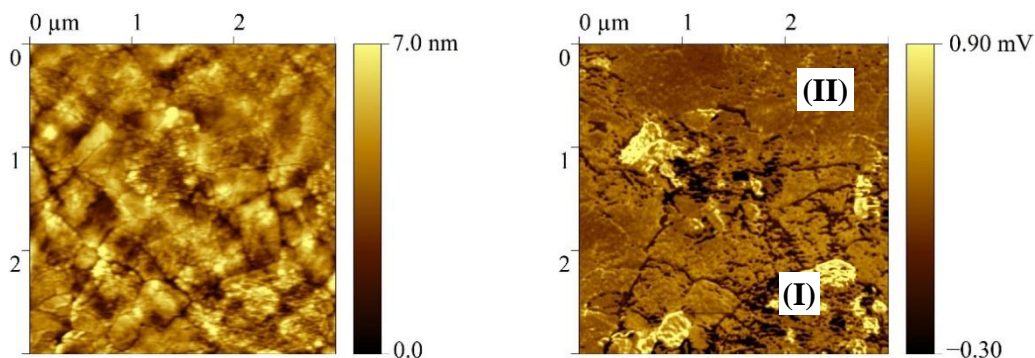


Рисунок 1. (а) Изображение поверхности и (б) доменной структуры пленки LiTaO_3 , полученные в режиме СМП.

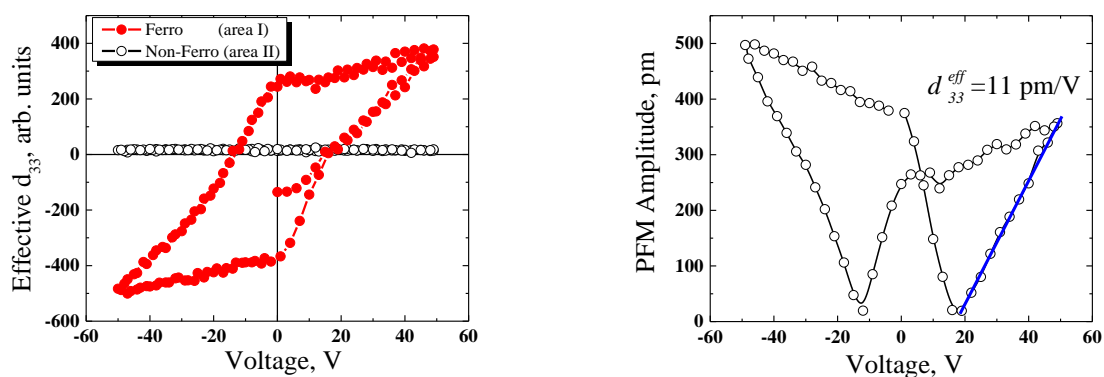


Рисунок 2. (а) Локальные петли пьезоэлектрического гистерезиса (сигнал $\text{Ampl} \times \cos(\text{phase})$) для участков, отмеченных на Рисунке 1б; (б) петля деформации (амплитуда пьезоотклика) пленки LiTaO_3 .

На Рисунке 2б показана типичная зависимость изменения деформации пленки LiTaO_3 от приложенного напряжения. По линейному участку петли при $V_{\text{DC}} \geq V_{\text{C}+}$ можно рассчитать значения эффективного пьезоэлектрического коэффициента d_{33} , которое составило 11 пм/В, что согласуется с литературными данными для монокристаллического образца танталата лития [1].

Исследования пьезоэлектрических свойств выполнены динамическим методом при воздействии на тонкопленочный образец теплового потока, модулированного импульсами прямоугольной формы в диапазоне частот $10 \div 3 \cdot 10^3$ Гц. В качестве источника использовался лазерный модуль «CLM – 1845 IR – 980» мощностью 220 мВт. Результаты исследования показали, что воздействие модулированного лазерного излучения на структуру $\text{Ag/LiTaO}_3/\text{Si}$ приводит к появлению сигнала, обусловленного как пьезоэлектрическим, так и фотовольтаическим эффектами. Анализ формы пьезоэлектрического отклика, полученного при различных частотах модуляции теплового потока, позволяет разделить пьезоэлектрический и фотовольтаический вклады. Рассчитанное значение пьезоэлектрического коэффициента тонкой пленки танталата лития приблизительно на порядок меньше, чем для монокристалла. Это может быть обусловлено большим содержанием несегнетоэлектрической фазы в пленке.

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы») (ID проекта RFMEFI58716X0035).

1. Yu. Wang, J. Yi-Jian, *Optical Materials* 23 (1) 403-408 (2003).