

СИНТЕЗ, СТРУКТУРНЫЕ, ФАЗОВЫЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКИХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Г.Г. Булавина
Воронежский государственный университет,
магистрант

В настоящее время все более активным становится использование тонких сегнетоэлектрических пленок в энергонезависимых устройствах памяти, микроэлектромеханических системах, оптических высокочастотных модуляторах

[1]. В связи с этим большое внимание уделяется получению и изучению свойств сегнетоэлектрических пленок. В данной работе были синтезированы пленки титаната свинца и цирконата - титаната свинца и изучены их свойства.

Для получения исследуемых пленок брались растворы с соотношением компонентов $Pb:Ti:Zr = 1.25:0.5:0.5$. При подготовке исходных реагентов свинец вводили в виде ацетата $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$, титан – в виде n-бутоксиды $Ti(OC_4H_9)_4$, цирконий – в виде нитрата $Zr(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$ (для ЦТС). Добавлялся в качестве растворителя 2-метаксетанол $HOCH_2CH_2OCH_3$ и в качестве химического модификатора ацетилацетон $CH_3COCH_2COCH_3$.

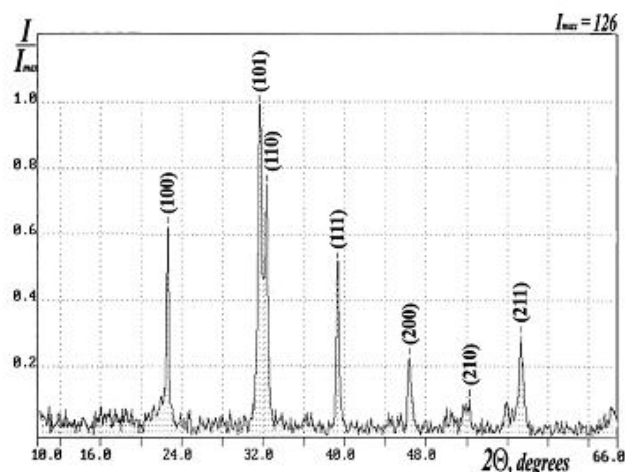


Рис. 1. Дифрактограмма пленок титаната свинца с соотношением свинца и титана в исходных компонентах $Pb/Ti=1,25$

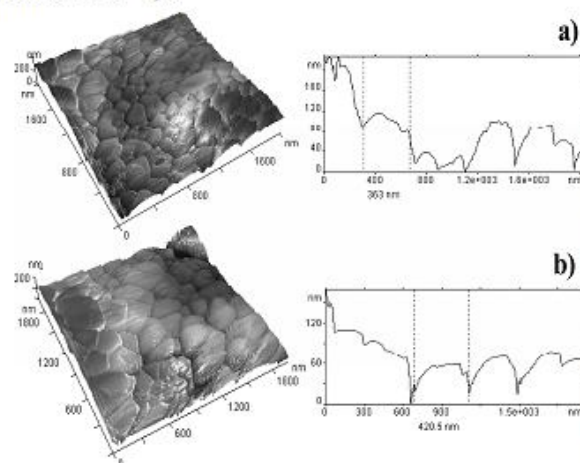


Рис. 2. АСМ изображение участка поверхности пленки титаната свинца на кремневой подложке с соотношением: а) $Pb/Ti=1,05$; б) $Pb/Ti=1,25$.

нетоэлектрические свойства среди пленок титаната свинца проявляют пленки с соотношением свинца и титана в исходных компонентах: $Pb/Ti=1,25$ (рис. 1). Для указанных пленок наблюдаются только рефлексы, соответствующие перовскитовой фазе $PbTiO_3$: по мере убывания интенсивности (101), (110), (100), (111), (211), (200), (210).

Морфология поверхности пленок титаната свинца исследовалась методом атомной силовой микроскопии. Как видно из рис.2, указанные пленки является поликристаллическими с достаточно крупными размерами зерен (кристаллитов), и довольно плотной поверхностью (без ярко выраженных трещин и кратеров). Более однородная структура и большие размеры кристаллов наблюдается у пленок, синтезированных с избытком свинца. Для пленок $PbTiO_3$ с соотношением $Pb/Ti=1,05$ средний размер зерна составляет около 250-300 нм, а для пленок с $Pb/Ti=1,25$ – 400 нм. В итоге исследование проводились на пленках титаната свинца с соотношением $Pb/Ti=1,25$.

В дальнейшем пленки подвергались многократному циклическому переключению для изучения явления усталости [6]. В ходе исследований пленок цирконата-

Далее отдельные слои наносились на вращающиеся с частотой 4000-5000 об/мин поликоробные или кремневые подложки и высушивались при температуре 180°C в течении 5 минут. Толщина одного слоя определялась при помощи электронного микроскопа и составляла 80-100 нм. Меняя количество слоев можно было получать пленки различной толщины.

В процессе окончательного высокотемпературного отжига на подложке происходила химическая реакция получения перовскитовой фазы. Были приготовлены образцы, которые отжигались в температурном интервале от 450°C до 750°C, с увеличением температуры отжига увеличивает-ся размер зерен [2-4,5].

Микроструктуру поверхности полученных пленок наблюдали при помощи атомно-силового микроскопа *Femtoscan-001-Online* или электронного микроскопа *Scanning Electron Microscope JEOL JSM-6380LV*. Полученные пленки являлись поликристаллическими с однородной поверхностью. Размеры кристаллитов составляли 100-200 нм.

Экспериментально установлено, что наиболее близкий к стехиометричному состав и яркие сег-

титаната свинца и титаната свинца было установлено, что на процесс усталости кроме величины напряженности внешнего переключающего электрического поля, материала и характеристик подложки, существенное влияние оказывает толщина образца [7].

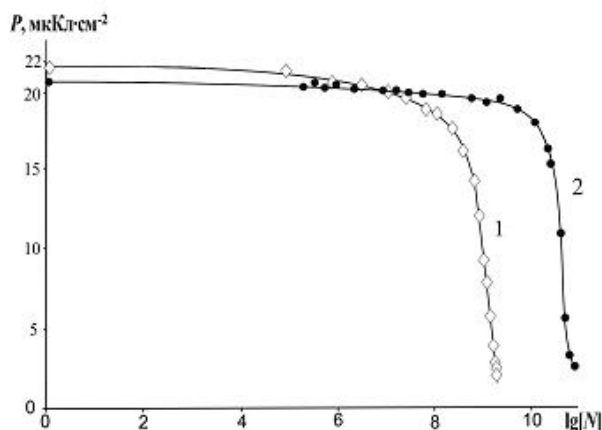


Рис. 3. Зависимости переключаемой поляризации от числа циклов переключения для пленок PbTiO_3 на кремневой подложке при $T = 20^\circ\text{C}$, $E = 160 \text{ кВ}\cdot\text{см}^{-1}$: 1 – для $d = 0,2 \text{ мкм}$; 2 – для $d = 0,5 \text{ мкм}$.

На рис.3. представлена зависимость поляризации для пленок титаната свинца различной толщины на кремневой подложке, исследованных при одинаковых внешних условиях ($f = 2 \cdot 10^6 \text{ Гц}$, $T = 20^\circ\text{C}$, $E = 160 \text{ кВ}\cdot\text{см}^{-1}$). Для пленок $d=0,2 \text{ мкм}$ поляризация достигает минимального значения при $\sim 10^9$ циклов переключения, а для пленок $d = 0,5 \text{ мкм}$ – при 10^{11} циклов переключения. Это подтверждает, что более толстые пленки меньше подвержены процессу усталости, по сравнению с тонкими пленками [8].

Литература

1. Мухортов В.М. Особенности динамики переключения поляризации в тонких пленках цирконата - титаната свинца // Журнал технической физики. – 2005. – №75. – С.126–131.
2. Damjanovic D. Ferroelectric, dielectric and piezoelectric properties of ferroelectric thin films and ceramics // Reports on Progress in Physics. – 1998. – №. 61. – С. 1267–1324.
3. Turik A. V. Features of domain and cluster structures in connection with physical properties and phase transitions in ferroelectrics // Ferroelectrics N 1-4 – 1999. – №.222. – С.33–40.
4. Kundu T. K. Thickness-dependent electrical properties of $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ thin film capacitors for memory device applications // J. Electrochem. Soc. 1 – 2000. – №.147. – С. 326–329.
5. Yang Jun-Kyu. Effect of grain size of $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.4}\text{Ti}_{0.6})\text{O}_3$ sol-gel derived thin films on the ferroelectric properties // Appl. Surface Sci. – 2001. – №.169-170. – С. 544–548.
6. Tagantsev A.K. Mechanisms of polarization switching in ferroelectric thin films// Ferroelectrics. – 1996. – № 184. – С. 399/79– 407/77.
7. Tagantsev A. K. Injection-controlled size effect on switching of ferroelectric thin films// Appl. Phys. – 1999. – Т.74, №.9. – С. 1326–1328.
8. Lian L. Effects of thickness on the piezoelectric and dielectric properties of lead zirconate titanate thin films// J. Appl. Phys. N 8. – 2000. – №.87.–С. 3941–3939.