

---

# Тонкопленочные сегнетоэлектрики, полученные из растворов экстрактов

Слизкова Алена Сергеевна,  
Немировец Александра Игоревна

Студенты Института инженерной физики и радиоэлектроники СФУ, Россия, Красноярск.  
E-mail: [Alenka771@yandex.ru](mailto:Alenka771@yandex.ru)

Сегнетоэлектрические тонкие плёнки с высокой диэлектрической проницаемостью привлекли большое внимание за последние несколько десятилетий из-за их возможного применения в конденсаторах динамических запоминающих устройств с произвольным доступом (DRAM), энергонезависимых запоминающих устройств, оптико-электронных приборов и инфракрасных датчиках (1-4). В последние годы вложение пассивных компонентов в печатную плату (PCB) или основание пакета становится ключевой технологией для системы в пакете (SiP). Чтобы произвести тонкопленочные включенные конденсаторы, сегнетоэлектрические материалы могут использоваться в качестве диэлектрического слоя. Сегнетоэлектрические керамические материалы с постоянным дипольным моментом, такие как  $\text{BaTiO}_3$  (титанат бария),  $\text{BaSrTiO}_3$  (бария титанат стронция), и  $\text{PbZrTiO}_3$  (цирконат-титанат свинца) с диэлектрической постоянной в тысячах используются в качестве диэлектрических материалов.

Большая востребованность сегнетоэлектрических тонкопленочных материалов сталкивается с проблемой их синтеза, который требует использования высокочистых исходных веществ и наукоёмкого высокотемпературного синтеза. Пленки сегнетоэлектриков толщиной 70-100 нм выращивали методами реактивной молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) на кремниевых подложках [1], радиочастотным магнетронным распылением [2], ВЧ-катодным распылением [3], методом лазерного осаждения на подложках LiF, Au (111) (Nd-ИАТ лазер, 25 Дж/см<sup>2</sup>) [4] при температурах подложки 490-510 °С в атм. O<sub>2</sub>. При этом для формирования паров оксидов металлов TiO<sub>2</sub>, BaO, SrO требуются очень высокие температуры нагрева мишени (1100–1500 °С).

Использование растворных методов синтеза позволяет значительно снизить температурные параметры процессов синтеза сложных оксидов. Так, сегнетоэлектрические пленки получали гидротермальным методом [5] и золь-гель методом [6], которые не обеспечивают должной чистоты получаемых продуктов.

В нашей работе пленки сегнетоэлектриков получены экстракционно-пиролитическим методом [7], в котором органические прекурсоры формируются в процессе экстракции металлов из водных растворов их неорганических солей, при этом примесные катионы остаются в водной фазе. Поэтому разрабатываемый метод обеспечивает и снижение температуры синтеза и чистоту получаемых сложных оксидов.

Тонкие пленки  $\text{BaTiO}_3$  были получены нанесением раствора смеси экстрактов – карбоксилатов бария и титана на кварцевые подложки и пиролизом при температуре 500 °С с последующим отжигом при различных температурах. Полученные материалы были исследованы методом РФА на приборе ДРОН 4 (рис. 1)

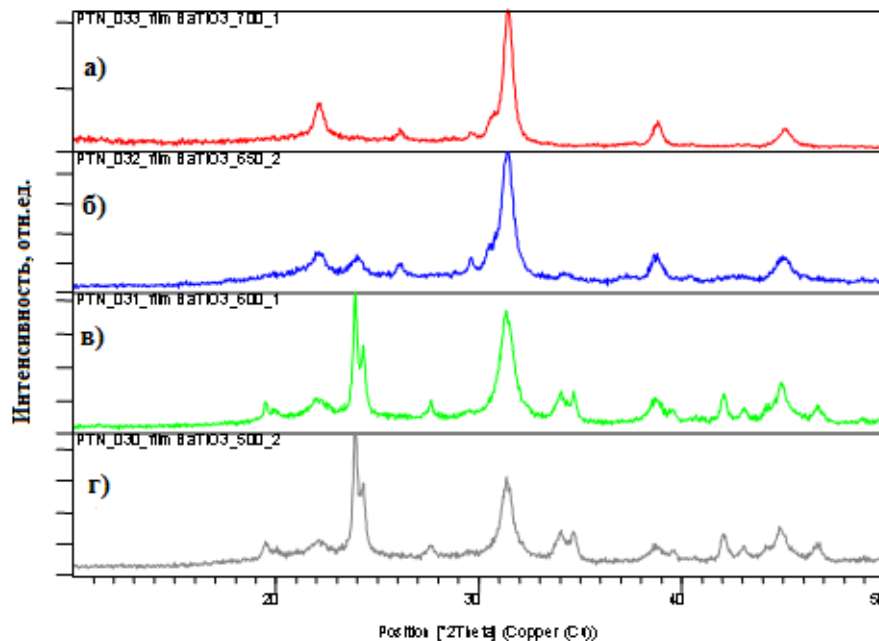


Рис. 1. РФА тонких пленок, полученных из растворов экстрактов Ва и Тi.

Как показали результаты рентгенофазового анализа, в процессе отжига пленки в течение 10 минут при 500 и 600 °С происходит образование около 40–50 % фазы сегнетоэлектрика ВаТiО<sub>3</sub> (31,5 2 $\Theta$ ) наряду с непрореагировавшими оксидами ТiО<sub>2</sub> и ВаО (24; 34; 34,5 2 $\Theta$ ). Отжиг при температуре 650 °С в течение 10 минут приводит к более полному формированию фазы ВаТiО<sub>3</sub>, тогда как при 700 °С получается чистая фаза сегнетоэлектрика. Увеличение времени отжига до 1 часа позволит снизить температуру синтеза фазы титаната бария до 650 °С.

По полуширине рентгеновского пика с использованием уравнения Шеррера  $\Delta 2\Theta = m\lambda/D_{hkl} \cos\Theta$  ( $m=1$ ,  $\lambda=1,5418$  нм) определен размер зерен в полученной пленке ВаТiО<sub>3</sub>, который составил 20 нм.

#### Список литературы

1. Theis C.D., Yeh J. Absorption controlled growing of PbTiO<sub>3</sub> by reactive molecular beam epitaxy // Thin Solid Films, 1998. V. 325. № 1. P. 107–114.
2. Velu G., Remiens D. Electrical properties of sputtered PZT films on stabilized platinum electrode // J. Eur. Ceram. Soc. 1999. V. 19. № 11. P. 2005–2013.
3. Tunabajlu B. Kinetics of phase transition in film Pb-Ga-Zr-TiO<sub>3</sub> // J. Mater Sci Lett. 1998. V. 17. № 17. P. 1445–1447.
4. Martin Maria Jose. Influence of deposition parameters and substrate on the quality of pulsed – laser deposited Pb<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub> ferroelectric films // J. Amer. Ceram Soc. 1998. V. 81. № 10. P. 2542–2548.
5. Hamedi L.H. Hydrothermal growing of thin films Pb(ZrTi)O<sub>3</sub> // Thin Solid Films, 1999. V. 352, № 1–2, P. 66–72.
6. Ning Zhao, Lixi Wan, Liqiang Cao, Daquan Yu, Shuhui Yu, Rong Sun Dielectric enhancement of BaTiO<sub>3</sub>/BaSrTiO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> multilayer thin films deposited on Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si substrates by sol-gel method // Materials Letters 65 (2011) 3574–3576
7. Холькин А.И., Патрушева Т.Н. Экстракционно-пиролитический метод получения оксидных функциональных материалов. М.: КомКнига. 2006. 276 с.