

А.В. Семченко<sup>1</sup>, В.В. Сидский<sup>1</sup>, В.Е. Гайшун<sup>1</sup>,  
С.А. Сорока<sup>2</sup>, А.А. Сидерко<sup>2</sup>, Л.В. Судник<sup>3</sup>, Я.В. Чеченкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «Интеграл», Беларусь,

<sup>3</sup>ГНУ «Институт порошковой металлургии НАНБ», Беларусь

## СИНТЕЗ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ SBT-ПОКРЫТИЙ

Сегнетоэлектрическая керамика характеризуется двумя особенностями. Во-первых, это наличие остаточной электрической поляризации образца, после устранения внешнего электрического поля активации – причём, через приложение противоположного внешнего поля, знак остаточной поляризации можно обратить. Во-вторых, это необычайно большие (до ~10<sup>5</sup>) значения диэлектрической проницаемости в узком диапазоне температур в области сегнетоэлектрического фазового перехода, при котором происходит изменение микроструктуры кристалла, в частности, изменение типа его симметрии [1]. Появление сегнетоэлектрической керамики с общей структурной формулой Sr(Bi<sub>x</sub>Ta<sub>x</sub>)O<sub>9</sub> (SBT) для применения в устройствах с энергонезависимой памятью стало огромным шагом в компьютерном производстве, так как сегнетоэлектрическая оперативная память работает в 100 000 раз быстрее (цикл записи составляет 100 нс) и потребляет при этом как минимум на порядок меньше энергии [2].

Для получения сегнетоэлектриков с общей структурной формулой Sr(Bi<sub>x</sub>Ta<sub>x</sub>)O<sub>9</sub> предложен золь-гель метод, сочетающий в себе преимущества контроля стехиометрии многокомпонентных соединений и конформное осаждение сверхтонких слоев.

Для получения сегнетоэлектрических покрытий состава Sr-Bi-Ta (SBT-покрытий) использовали рабочий плёнообразующий раствор, содержащий металлоорганические соединения Ta, нитраты металлов Sr и Bi с мольным соотношением Sr:Bi:Ta 1:1:2.

По изменению вязкости в зависимости от времени созревания определяют стабильность золя и его пригодность для последующего процесса нанесения пленок. Перед нанесением на подложку золь подогревается до комнатной температуры (20–22 °С).

Золь наносили в производственных условиях ОАО «Интеграл» на установке SOG 02 SEMIX on Glass методом центрифугирования; частота вращения подложки составляла от 500 до 2500 об/мин. В качестве подложки использовали пластины монокристаллического кремния. После нанесения золя пластины прошли ступенчатую термообработку от

80 до 350 °С, а затем отжиг в атмосфере кислорода при температуре 750 °С.

Съемка рентгендифракционных профилей SBT-покрытия на платине проводилась на рентгеновском аппарате ДРОН-3М при  $\text{CoK}_\alpha$ -излучении (Со-фильтр) по методу Брегга-Брентано ( $\theta$ - $2\theta$ ) сканированием детектора с шагом  $\Delta\theta=0,02$  град. Также провели количественный анализ SBT-покрытия.

Исследования поверхности полученных SBT-покрытий проводили методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), а также методом сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Анализ данных СЗМ проводили с помощью модульной программы Gwyddion [3]. Данная программа предназначена для анализа полей высот, полученных различными техниками сканирующей зондовой микроскопии (АСМ, МСМ и т. д.). Gwyddion является свободным программным обеспечением.

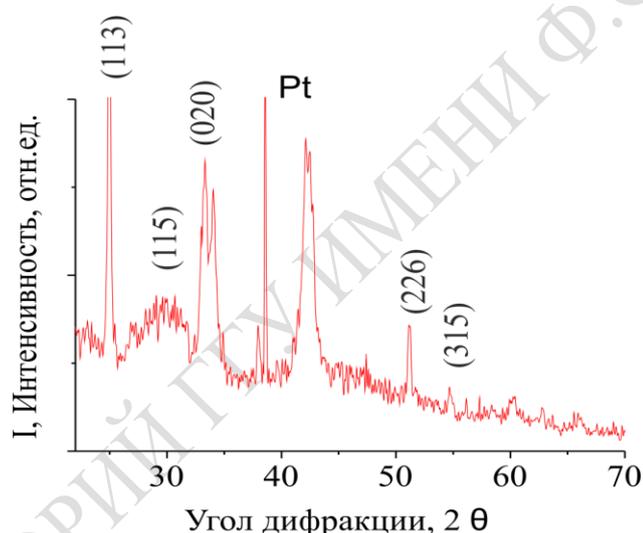


Рисунок 1 – Рентгеновский спектр SBT-покрытия, отожженного в атмосфере кислорода при температуре 750 °С в теч. 2 ч.

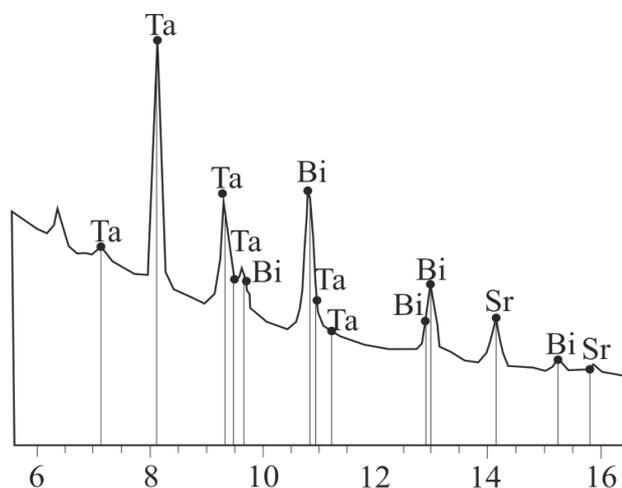


Рисунок 2 – Количественный анализ состава SBT-покрытия,

отожженного в атмосфере кислорода при температуре 750 °С в теч. 2 ч.

Таблица 1 – Количественный анализ SBT-покрытия

Элемент	Весовые %	Атомные %	Соединения	Вес. % соед.
Ta	31,92	11,74	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,97
Bi	30,61	9,75	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,12
Sr	22,75	17,28	SrO	26,91
O	14,72	61,24		

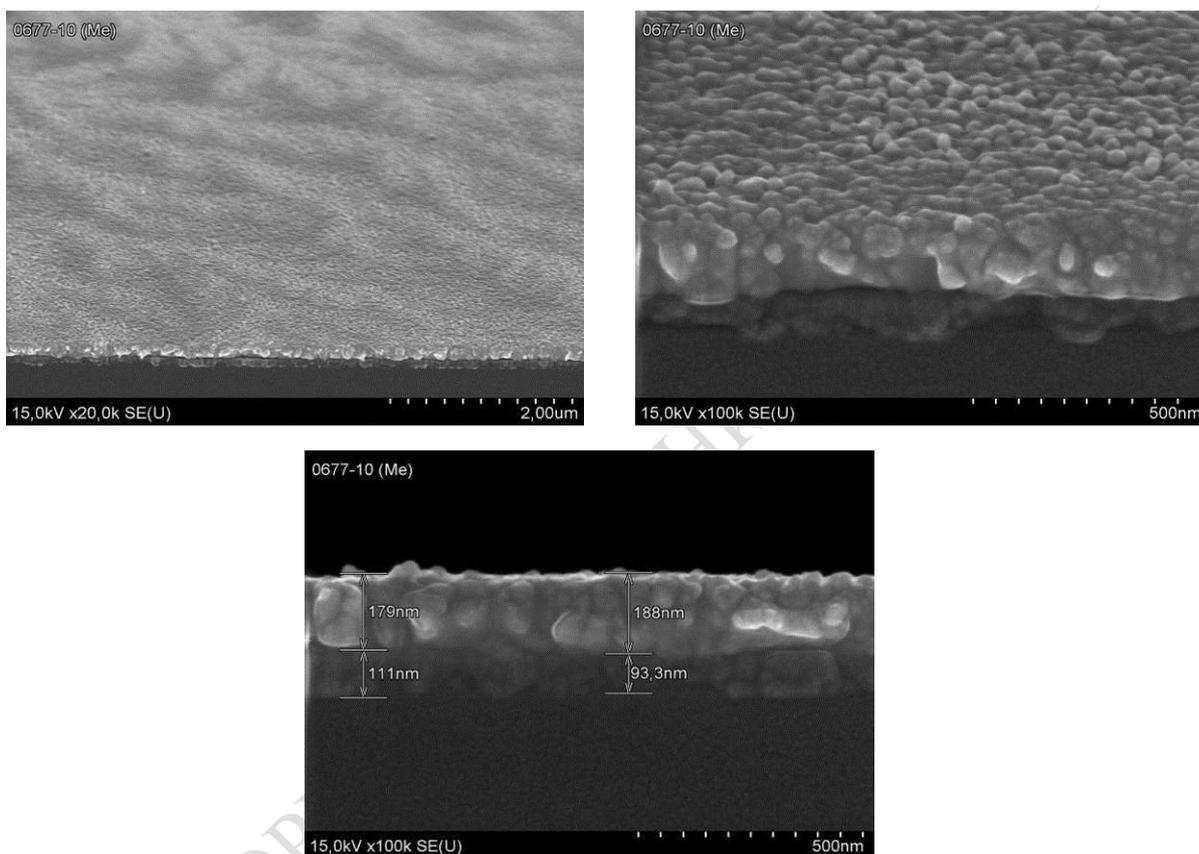


Рисунок 3 – СЭМ-изображения, СЭМ-скел SBT-покрытия на платине, отожженного при 750 °С в течение 2 часов в атмосфере кислорода

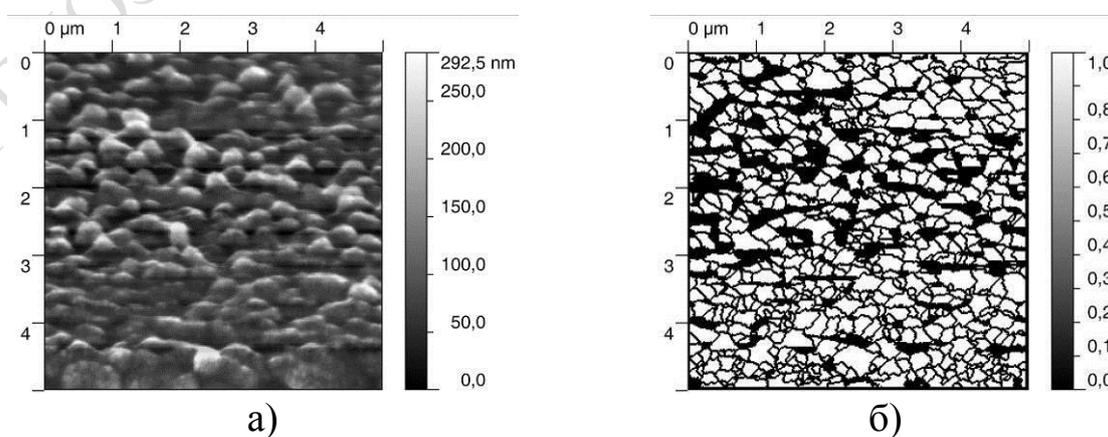


Рисунок 4 – СЭМ-изображение  
а) – SBT-покрытия на платиновом подслое;

б) – изображение маркировки зёрен на поверхности

Для SBT-покрытия, нанесенного на кремниевую подложку с платиновым подслоем, количество частиц на участке площадью  $5 \times 5$  мкм составляет около 750, средний размер частиц составляет 100 нм, шероховатость поверхности составляет порядка 35 нм. Результаты данных СЭМ для SBT-покрытия, нанесенного на кремниевую подложку, подтверждаются данными атомно-силовой микроскопии.

### Литература

1. Иона, Ф. Сегнетоэлектрические кристаллы / Ф. Иона, Д. Ширане. – М.: Мир, 1965.

2. Morrison, F.D. Ferroelectric nanotubes / F.D. Morrison, Y. Luo, I.Szafraniak [et al.] // Rev. Adv. Mater. Sci. – 2003. – № 4. – P. 114–122.

3. Сеницына, О. Анализ и распознавание графической информации в наноскопии / О. Сеницына, А. Филонов, И. Яминский // Наноиндустрия. – 2009. – № 3. – С. 14–20.

**В.В. Сидский<sup>1</sup>, А.В. Семченко<sup>1</sup>, В.Е. Гайшун<sup>1</sup>, Л.В. Судник<sup>2</sup>,  
И.В. Ярец<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», Беларусь,

<sup>2</sup>ГНУ «Институт порошковой металлургии НАНБ», Беларусь

### СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПЛЁНОК СОСТАВА $Fe_xCo_yO_z: SiO_2$

В течение последнего десятилетия резко возрос интерес к наноразмерным системам, обладающим магнитными свойствами. Это объясняется их уникальными функциональными возможностями для последующего применения в опто- и наноэлектронике, измерительной технике, информационных технологиях нового поколения, средствах связи и пр. Эти системы могут синтезироваться в виде монолитов, пленок, порошков [1–2].

В данной работе рассматривается влияние температуры на структурные свойства плёночных образцов, содержащих соединения  $Fe_xCo_yO_z$ , и связь между составом магнитных частиц и их размерами.

Золь-гель методом получены покрытия со следующим соотношением соединений железа и кобальта в исходных золях