

## ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СЕГНЕТОМАГНЕТИКОВ $\text{La}_x\text{Bi}_{1-x}\text{FeO}_3$

А.Ф. Ревинский<sup>1,2</sup>, И.И. Макоед<sup>1</sup>, А.И. Галяс<sup>3</sup>,  
К.И. Янушкевич<sup>3</sup>, К. Кокошкевич<sup>2</sup>, В. Тригук<sup>1</sup>

<sup>1</sup> УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест.

<sup>2</sup> Технический университет Белостока, ul. Wiejska 45A, 13-531 Bialystok, Poland.

<sup>3</sup> Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, г. Минск.

Сосуществование упорядоченных электрической и магнитной фаз в сегнетомагнетиках открывает возможность их практического использования в спиновой электронике. В частности, благодаря наличию гигантского магнитоэлектрического эффекта, может быть решена одна из главных задач электроники – прямое преобразование информации, представленной в виде намагниченности – в электрический сигнал [1].

Ранее синтезированы и исследованы объемные керамические сегнетомагнетики системы  $\text{La}_x\text{Bi}_{1-x}\text{FeO}_3$  [2,3]. Фотографии поверхности образцов  $\text{La}_{0.1}\text{Bi}_{0.9}\text{FeO}_3$  и  $\text{La}_{0.03}\text{Bi}_{0.97}\text{FeO}_3$ , полученные с помощью электронного микроскопа, представлены на рис.1. На поверхности находится относительно большое число кристаллитов. Они в значительной степени ответственны за свойства образца. Несомненный интерес представляет получение и исследование тонких пленок сегнетомагнетиков на различных подложках с целью изучения возможностей их практического применения.

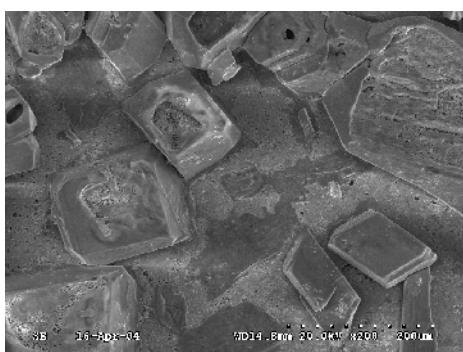
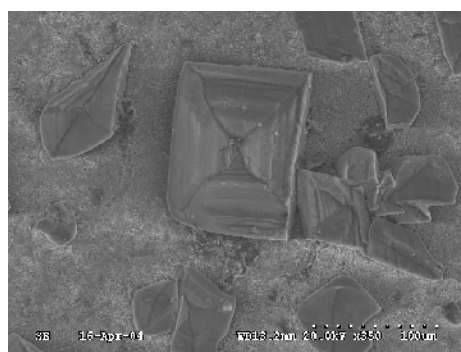


Рис.1



Изображения поверхностей объемных образцов  $\text{La}_{0.1}\text{Bi}_{0.9}\text{FeO}_3$  и  $\text{La}_{0.03}\text{Bi}_{0.97}\text{FeO}_3$

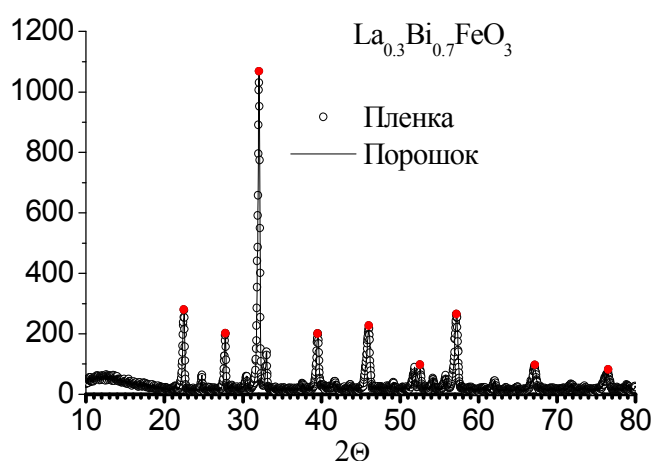


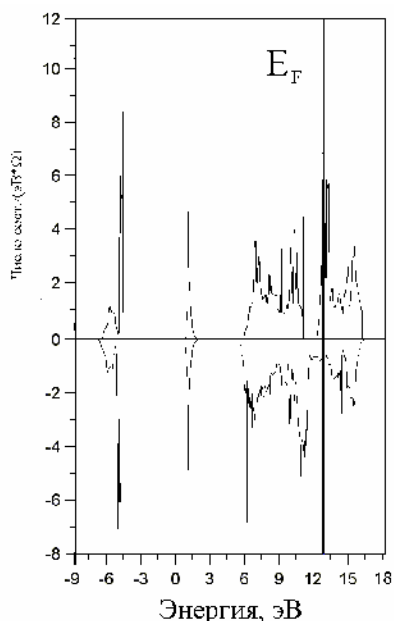
Рис.2. Рентгенограммы состава  $\text{La}_{0.3}\text{Bi}_{0.7}\text{FeO}_3$

Тонкие пленки образцов  $\text{La}_x\text{Bi}_{1-x}\text{FeO}_3$  получены методом «вспышки» на установке УВМ-71Р-2 при температуре танталового испарителя выше  $2000^\circ\text{C}$ . Подложки из стекла, находящиеся на расстоянии 100 мм от испарителя, разогревались при этом до температуры около  $300^\circ\text{C}$ .

На рис.2. представлены рентгенограммы порошка исходного материала (сплошная линия) и прозрачной пленки состава  $\text{La}_{0.3}\text{Bi}_{0.7}\text{FeO}_3$ .

Идентичность кристаллических структур порошка и пленки очевидна.

Электронная структура  $\text{BiFeO}_3$  рассчитана из первых принципов методом FP-LMTO при использовании LSDA приближения для обменно-корреляционного взаимодействия. Плотность электронных состояний в ромбоэдрически искаженном феррите висмута для направлений спина «вверх» и «вниз» представлена на рис.3

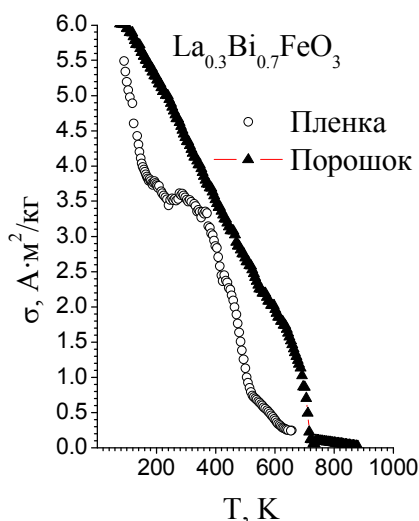


**Рис.3.** Плотность электронных состояний в ромбоэдрически искаженном  $\text{BiFeO}_3$ .

Характер распределения плотности электронных состояний однозначно свидетельствует о том, что магнитное упорядочение катионов в элементарной ячейке  $\text{BiFeO}_3$  обладает отличным от нуля магнитным моментом. Данный результат согласуется с выводами, полученными в работах [2, 4, 5]. Экспериментально это подтверждено измерениями удельной намагниченности.

Кривые температурных зависимостей удельной намагниченности пленки и исходного порошка заметным образом отличаются (Рис.4). Следует отметить, что ход зависимостей  $\sigma = f(T)$ , далеко не классический. Это может

быть следствием кристаллических искажений в структуре изучаемых образцов. В результате



должно иметь место перераспределение магнитоактивных атомов по междоузлиям кристаллической структуры. Измерения намагниченности тонкой пленки состава  $\text{La}_{0.3}\text{Bi}_{0.7}\text{FeO}_3$  в магнитном поле  $H=0,86$  Тл, свидетельствуют в пользу такого предположения. В тонкопленочном состоянии образец несет информацию о кристаллической структуре не только исходного поликристаллического порошка, но и отображает кристаллические напряжения за счет контакта с подложкой. По-видимому, поэтому характер зависимости  $\sigma = f(T)$  пленки имеет более сложный вид, чем у порошка. Для получения однозначного ответа необходимо проведение комплексного изучения кристаллической и магнитной структуры синтезированных пленок в широком диапазоне температур.

**Рис.4.** Температурные зависимости величин удельной намагниченности пленки и порошка  $\text{La}_{0.3}\text{Bi}_{0.7}\text{FeO}_3$ .

- [1] А.К. Звездин, А.П. Пятаков. УФН. **174**, №4, 465 (2004).
- [2] А.Ф. Ревинский, И.И. Макоед, К. Кокошкевич, К.И. Янушкевич А.И. Галяс. «Сегнетоэлектрические материалы». Сб. докл. Межд. научно-практ. сем. С.25-27. Минск, БГПУ, 28-29 апреля (2004).
- [3] А.Ф. Ревинский, И.И. Макоед, И.В. Котов, К. Кокошкевич. «Вузовская наука, промышленность, международное сотрудничество». Сб. научн. тр. V Межд. научно-практ. конф., с.201-205. Минск, БГУ, 13-15 октября (2004).
- [4] С. Ederer, N.A. Spaldin. Cond. mat. 0407203. V.1. 30 Jun. (2004).
- [5] J.B. Neaton, С. Ederer, U.V. Waghmare et. al. Cond. mat. 0407679. V.1. 26 Jul. (2004).