

УДК 539.2  
DOI: 10.7868/S25000640230403

## СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И ЗЕРЕННОЕ СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $(1 - x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ ( $x = 0,40-0,50$ )

© 2023 г. А.В. Назаренко<sup>1</sup>, Е.В. Глазунова<sup>2</sup>, Л.А. Шилкина<sup>2</sup>,  
Д.В. Стрюков<sup>1</sup>, А.Г. Рудская<sup>2</sup>, Л.А. Резниченко<sup>2</sup>

**Аннотация.** Изготовлены материалы на основе системы двух классических мультиферроиков, феррита висмута и манганита иттрия,  $(1 - x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$  ( $x = 0,40, 0,45, 0,50$ ), при различных условиях твердофазного синтеза. Всего выделено четыре режима, отличающихся температурами синтеза и временем выдержки. Методами рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа исследована кристаллическая структура полученных объектов. Материалы имеют сложный многофазный и практически всегда морфотропный состав, в котором сосуществуют перовскитные фазы с разным искажением элементарной ячейки. В процессе синтеза не исключено образование моноклинной фазы. При температурах синтеза выше 900 °С практически всегда формируется фаза типа ферримагнетика  $\text{YFeMnO}_5$ , а при более низких – фаза типа муллита  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ . Изучено зеренное строение участков поверхности поперечных сколов полученных керамик. Проведенный анализ формирования микроструктуры в различных режимах синтеза показал, что при температурах спекания выше 900 °С морфология поверхности представляет собой набор из кристаллитов разной фракции, имеющих форму шестиугольных и прямоугольных призм. При температурах спекания ниже 900 °С отмечено наличие эффекта «окутывания» зерен частицами субмикронного размера. Этот эффект может быть связан с магнитными свойствами, но требует дополнительных исследований. Проведен рентгеноспектральный анализ элементного состава участков сколов. Вне зависимости от формы кристаллитов в их энергетических спектрах присутствуют линии, характерные для всех пяти компонент, входящих в изучаемую систему. Это может свидетельствовать об образовании смеси твердых растворов.

**Ключевые слова:** феррит висмута, манганит иттрия, мультиферроики, твердые растворы, микроструктура, зеренное строение.

### SYNTHESIS, STRUCTURE AND GRAIN STRUCTURE OF THE SOLID SOLUTIONS BASED ON $(1 - x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ ( $x = 0.40-0.50$ ) SYSTEM

A.V. Nazarenko<sup>1</sup>, E.V. Glazunova<sup>2</sup>, L.A. Shilkina<sup>2</sup>,  
D.V. Stryukov<sup>1</sup>, A.G. Rudskaya<sup>2</sup>, L.A. Reznichenko<sup>2</sup>

**Abstract.** The materials based on the  $(1 - x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$  ( $x = 0.40, 0.45, 0.50$ ) system of two classical multiferroics were prepared under various conditions of solid-phase synthesis. In total, four methods are distinguished, differing in temperatures and times of synthesis. The crystal structure of the obtained objects was studied using the methods of X-ray diffraction and phase analysis. It is shown that the materials have a complex multiphase and almost always morphotropic composition, in which perovskite phases with different unit cell distortions coexist. It was noted that the formation of a monoclinic phase cannot be ruled out during the synthesis process. A ferrimagnet type phase of the  $\text{YFeMnO}_5$  is almost always formed at the synthesis

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: avnazarenko1@gmail.com

<sup>2</sup> Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090 г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194

temperatures above 900 °C, while a mullite type phase of the  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$  is formed at lower temperatures. The grain structure of the prepared ceramics cross-section surface areas was studied. The analysis of the formation of the microstructure in various synthesis methods showed that at sintering temperatures above 900 °C the surface morphology is a set of crystallites of different fractions, having the shape of hexagonal and rectangular prisms. At sintering temperatures below 900 °C, the presence of the effect of “enveloping” grains with submicron-sized particles was noted. This effect may be related to magnetic properties, but requires additional research. An X-ray spectral analysis of the elemental composition of the cross-sectioned areas was carried out. It is shown that, regardless of the shape of the crystallites, their energy spectra contain characteristic lines of all five components of the studied system. This may indicate the formation of a mixture of solid solutions.

**Keywords:** bismuth ferrite, yttrium manganese, multiferroics, solid state solutions, microstructure, grain structure.