

Влияние условий приготовления на формирование кристаллической структуры и микроструктуры мультиферроика манганита-ниобата свинца*

Е.В. Глазунова¹, И.Н. Андрюшина¹, Л.А. Шилкина¹, В.А. Бобылёв¹,
Д.В. Лымарь¹, И.А. Вербенко¹, Л.А. Резниченко¹

¹ Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону, Россия

Работа посвящена установлению закономерностей влияния условий приготовления на формирование внутренней структуры – кристаллической, зеренной (микроструктуры), определяющих пути стабилизации макрооткликов мультиферроика манганита-ниобата свинца. На этой основе выбраны оптимальные режимы его получения в виде высокоплотных беспримесных керамик. Сделано заключение о целесообразности использования полученных результатов при разработке подобных материалов и устройств на их основе.

Ключевые слова: мультиферроик, манганит-ниобат свинца, кристаллическая структура, микроструктура, технология.

Введение

Композиции вида $\text{Pb}(\text{Nb}_{1/2}\text{B}_{1/2})\text{O}_3$ с $\text{B} = \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}$ составляют обширную группу тройных оксидов – представителей структурного семейства перовскита с одновременно существующими электрическими и магнитными свойствами, известных как сегнетомагнетики (мультиферроики). Сегнетопьезоактивность и магнетизм, свойственные этим материалам, обеспечивают возможность их применения в широком спектре областей техники и электроники. Но такая возможность ограничивается трудностями их получения, прежде всего, в виде беспримесных высокоплотных керамик.

Таким образом, актуальным представляется установление закономерностей влияния условий приготовления на формирование внутренней структуры – кристаллической, зеренной (микроструктуры), определяющих пути стабилизации макрооткликов вышеуказанных соединений.

В качестве объекта выбран наименее изученный манганит-ниобат свинца $\text{Pb}(\text{Nb}_{1/2}\text{Mn}_{1/2})\text{O}_3$ (PNMn), впервые синтезированный и спеченный в виде керамики в [1] (неоднофазный с содержанием, кроме перовскитной фазы, значительного количества пирохлорной примеси) и в [2] (полученный в атмосфере азота, способствующей исключению пирохлорной фазы). В работе [3] впервые сообщено о выращивании этого соединения в виде монокристаллов.

На основании результатов экспериментальных исследований в [3] сделан вывод о том, что при комнатной температуре элементарная ячейка этого соединения является моноклинно искаженной с параметрами $a \sim b \sim c \sim 4.006 \text{ \AA}$ и $\beta = 90^\circ 5'$; при 77 К выявлены интенсивные сверхструктурные линии, которые индексируются в предположении удвоения осей.

Исходя из этого и толеранц-фактора $t < 1$, в [3, 4] делается заключение о том, что, по-видимому, поляризованная фаза является антисегнетоэлектрической (АСЭ). Заключение о его температуре Кюри $T_C = 415 \text{ K}$ и антисегнетоэлектричестве сделано и из результатов изучения системы твердых растворов $\text{Pb}(\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ – $\text{Pb}(\text{Nb}_{1/2}\text{Mn}_{1/2})\text{O}_3$, описанных в [5]. Здесь автором показано исчезновение петель диэлектрического гистерезиса в этой системе со стороны PNMn.

В работе [6], результируя все имеющиеся библиографические данные, отмечается, что в соединении PNMn обнаружены четыре фазовых перехода при 415, 135, 73 и 11 К. Первый – это переход из пара- в АСЭ-состояние; переходы при 135 и 73 К, выявленные магнитными измерениями, скорее всего, являются переходами из одного АСЭ-состояния в другое. Переход при 11 К трактуется как антиферромагнитный с некомпенсированным ферромагнетизмом [3].

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности. Проект № FENW-2023-0010/Г30110/23-11-ИФ) с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твердых тел» НИИ физики Южного федерального университета.