

PACS: 81.07.Wx, 75.85.+t, 77.55.Nv

Т.Н. Тарасенко¹, З.Ф. Кравченко¹, В.И. Каменев¹, А.И. Галяс²,
О.Ф. Демиденко², О.В. Игнатенко², Г.И. Маковецкий², К.И. Янушкевич²

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА
НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ И ПЛЕНОК МУЛЬТИФЕРРОИКА
BiMnO₃: ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ЗАМЕЩЕНИЯ ЛАНТАНОМ

¹Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина
E-mail: tntar@fti.dn.ua

²ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»
ул. П. Бровки, 19, г. Минск, 220072, Беларусь

Методом совместного осаждения гидроокисей при 100°C синтезированы наноразмерные порошки (9–100 нм) BiMnO₃ и Bi_{0,8}La_{0,2}MnO₃. Рентгенодифракционным исследованием при комнатной температуре установлено, что их структура относится к моноклинной сингонии (пространственная группа C2). Магнитные измерения, проведенные в температурном интервале 90–850 К, показали небольшие значения удельной намагниченности обоих составов вследствие малого размера частиц, находящихся в однодоменном либо аморфном состоянии. Для усиления структурных и магнитных свойств проведено компактирование порошкообразных BiMnO₃ и Bi_{0,8}La_{0,2}MnO₃ в условиях высоких давлений (P ~ 50 GPa) и температур (T ~ 750°C). В результате полностью проявились структурные рефлексы пространственной группы C2, а удельная намагниченность BiMnO₃ при низких температурах возросла в 2.5 раза. Температура ферромагнитного упорядочения BiMnO₃ составляет 100 К. Показано, что замещение висмута лантаном приводит к смене типа магнитного упорядочения. Тонкие слои BiMnO₃ и Bi_{0,8}La_{0,2}MnO₃ синтезированы методом «flash» на оптическом стекле.

Ключевые слова: нанопорошки, мультиферроики, манганит висмута, моноклинная структура, магнитные свойства, тонкие пленки

Введение

Мультиферроики – это материалы, проявляющие одновременно два или три возможных типа упорядочения: магнитное, электрическое и деформационное. Они редко встречаются в природе, но представляют значительный интерес для различных областей практического применения. Материалы, обладающие одновременно магнитным и электрическим упорядочением, относят к ферромагнитноэлектрикам (или сегнетомагнетикам) [1–3]. В таких веществах связь между

магнитной и электрической подсистемами проявляется в виде магнитоэлектрических эффектов [4]. Изменение электрической поляризации, вызванное приложением магнитного поля, называется прямым магнитоэлектрическим эффектом, а изменение намагниченности материала после приложения электрического поля – обратным. Наиболее многообещающей перспективой применения мультиферроиков является использование их в качестве элементов памяти нового поколения, создание которых основано на электрическом методе записи и магнитном методе считывания информации [4].

Один из представителей мультиферроиков – манганит висмута BiMnO_3 с сильно искаженной перовскитоподобной структурой. В последние годы он интенсивно изучается как в объемном, так и в тонкопленочном состоянии [5–12]. Искажения перовскитной структуры BiMnO_3 вызваны сильной поляризацией ионов висмута и ян-теллеровской природой активных ионов марганца [5,6]. Манганит BiMnO_3 – ферромагнитоэлектрик с температурами ферромагнитного упорядочения $T_C = 100$ К и ферроэлектрического упорядочения $\sim 750\text{--}780$ К [7–9]. Магнитный момент BiMnO_3 обусловлен наличием $3d^4$ -электронов иона Mn^{3+} , в то время как электрическая поляризация вызвана присутствием изолированных пар $6s^2$ -электронов иона висмута [5].

В работе [8] показано, что кристаллическая структура BiMnO_3 при температуре выше и ниже T_C описывается моноклинной нецентросимметричной пространственной группой $C2$, которая обеспечивает возможность ферроэлектрического упорядочения вдоль b -оси. Как в объемных, так и в тонкопленочных образцах наблюдаются ферроэлектрические петли гистерезиса [8].

Сложное орбитальное упорядочение, обнаруженное в BiMnO_3 , вызвано искажениями, обусловленными наличием изолированных пар ионов висмута [9]. Существуют три неэквивалентные позиции катионов марганца Mn^{3+} и шесть возможных сверхобменных Mn-O-Mn -связей. Тщательные исследования магнитной структуры, проведенные методом порошковой нейтронной дифракции [9], показали, что четыре из этих шести связей являются ферромагнитными и две – антиферромагнитными. Преобладанием числа ферромагнитных связей объясняется обнаружение ферромагнитного упорядочения в BiMnO_3 .

Экспериментальное доказательство проявления ферромагнитного и ферроэлектрического упорядочений в BiMnO_3 представлено также в работе [10]. Авторами установлено, что в BiMnO_3 происходят два структурных перехода: при ~ 450 К – из моноклинной в моноклинную фазу и при $750\text{--}770$ К – из моноклинной в орторомбическую фазу (этот переход по температуре совпадает с фазовым превращением ферроэлектрик–параэлектрик). Исследован и магнитоэлектрический эффект в объемных образцах BiMnO_3 . Вблизи ферромагнитной температуры Кюри $T_C \approx 100$ К обнаружена явная аномалия на температурной зависимости диэлектрической восприимчивости ϵ и ее сильная зависимость от магнитного поля. Таким образом, авторы [9,10] экспериментально установили, что BiMnO_3 является мультиферроиком, в котором

ферромагнитное и ферроэлектрическое упорядочения сосуществуют при температурах ниже T_C . Значительные нелинейные оптические свойства, которые недавно обнаружены в тонких пленках BiMnO_3 [11], подтверждают возможность их практического использования в микроэлектронике. Помимо ферромагнитоэлектрической природы BiMnO_3 , авторы работы [12] при проведении калориметрических измерений обнаружили существование двух фазовых превращений: первый пик при ~ 475 К соответствует переходу между двумя ферроэлектрическими фазами, второй при 780 К – переходу ферроэлектрик–параэлектрик, что согласуется с результатами [9,10].

Чем меньше частицы, тем сильнее влияние поверхностного слоя на их магнитные свойства [13,14]. С увеличением размера частиц уменьшается соотношение поверхность/объем, а следовательно, и роль поверхностных эффектов. На поверхности каждой наночастицы могут находиться легкие атомы (например, кислород), которые «разбавляют» кристаллическую решетку ее сердцевины. Поэтому модифицированный поверхностный слой может иметь совсем иные магнитные характеристики, чем ядро частицы [13]. В работе [15] показано, что поверхностный слой наночастицы La-Sr -манганита, в отличие от ее ферромагнитного ядра, чаще всего антиферромагнитен (или парамагнитен), и часть ионов марганца, находящихся в этом слое, не дают вклада в намагниченность.

Соединения $\text{La}_{1-x}\text{Bi}_x\text{MnO}_3$ с большим ($x = 1.0$ и 0.8) содержанием висмута невозможно получить без применения высоких давлений [7–12]. При этом многие авторы отмечают наличие полиморфизма вследствие присутствия посторонних фаз типа $\text{Bi}_{12}\text{MnO}_{20}$ и $\text{Bi}_2\text{Mn}_4\text{O}_{10}$ [16,17]. Существование полиморфизма при комнатной температуре у образцов, синтезированных методом смешения стехиометрических количеств порошкообразных окислов, как при нормальном, так и при высоких давлениях подтверждается исследованиями методом электронной дифракции [16], а также методом электронной микроскопии высокого разрешения [17]. Получение BiMnO_3 в виде наноразмерных порошков или пленок, возможно, помогло бы избежать проявления полиморфизма.

Цель настоящей работы – синтез наноразмерных порошков и пленок BiMnO_3 , исследование их кристаллической структуры и магнитных свойств (до и после компактирования в условиях высоких давлений и температур), а также изучение влияния замещения ионов висмута ионами лантана.

Методика синтеза образцов и эксперимент

Для получения наноразмерных порошков манганитов BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ проведены исследования по их низкотемпературному синтезу методом совместного осаждения гидроокисей с учетом методики, описанной в работе [18]. Используются следующие компоненты: марганец металлический Mn (мет), оксид висмута Bi_2O_3 , оксид лантана La_2O_3 , соляная кислота HCl и гидроокись натрия NaOH высокой степени чистоты.

Стехиометрические количества Mn (мет), Bi_2O_3 и La_2O_3 растворяли в соляной кислоте HCl. С целью осаждения висмута, лантана и марганца в виде гидроксидов к полученному раствору добавляли раствор едкого натра при непрерывном перемешивании вплоть до pH ~ 12.

Гидратированные гидроксидные смеси перемешивали в течение 5 h при температуре 70–100°C. В процессе перемешивания и нагревания происходила дегидратация гидроксидов и образовывались оксиды в активной форме с высокой реакционной способностью. В результате были получены кристаллические порошки BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$, которые затем были отфильтрованы, промыты дистиллированной водой до нейтральной среды и высушены при 120°C в течение 4 h.

Рентгенодифракционными исследованиями в Cu K_α -излучении при комнатной температуре установлено, что структура полученных порошков BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ относится к моноклинной сингонии (пространственная группа C2) (рис. 1,а). Размер частиц синтезированных порошков составлял ~ 90–100 nm. Параметры их элементарных кристаллических ячеек близки к параметрам, полученным в работе [6].

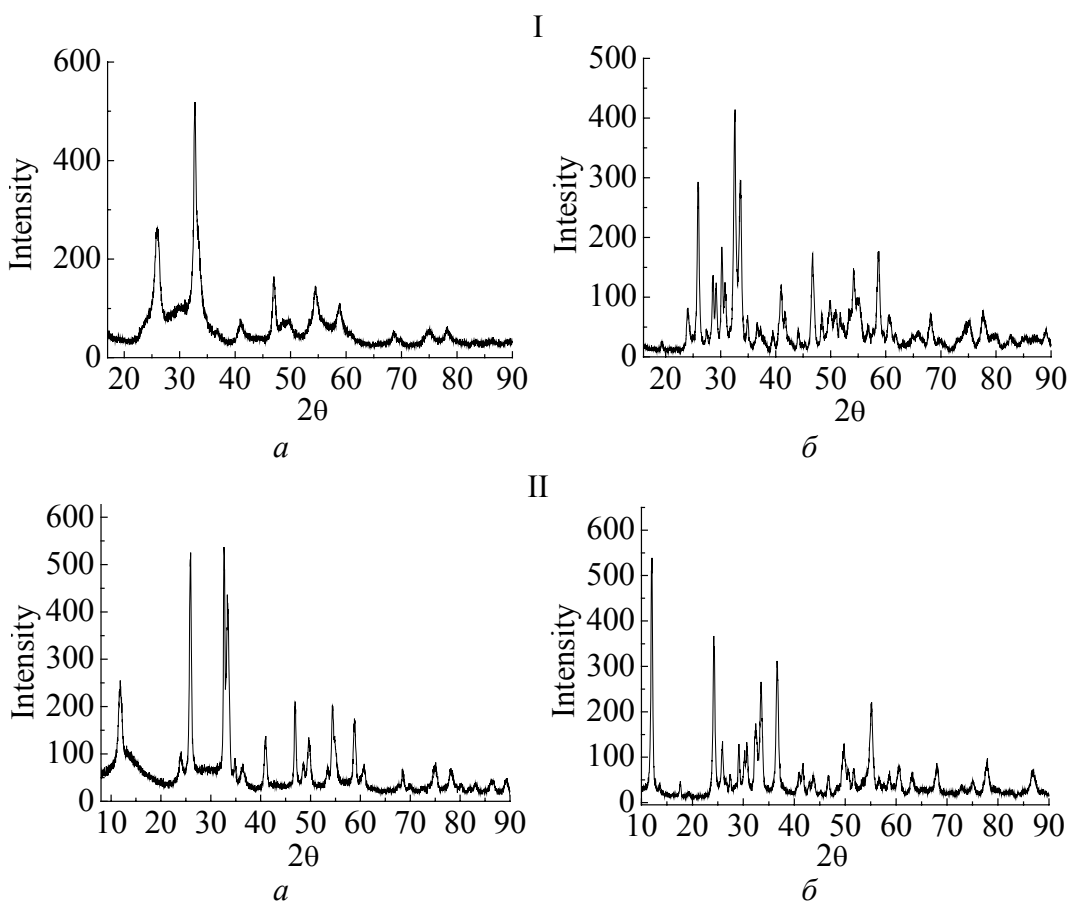


Рис. 1. Рентгенограммы BiMnO_3 (I) и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (II) в Cu K_α -излучении при комнатной температуре: а – исходный нанопорошок; б – после воздействия высокого давления ~ 50 GPa при 750°C в течение 60 s

Магнитные свойства BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ исследовали пондерометрическим методом в широком (90–850 К) температурном интервале. Измерения показали, что наноразмерный порошок BiMnO_3 имеет небольшие значения удельной намагниченности $\sigma(T)$, вероятно, вследствие малого размера частиц (рис. 2, I, a). При $T \approx 700$ К на зависимости $\sigma(T)$ наблюдается некоторый минимум. Возрастание значения удельной намагниченности при $T > 700$ К можно объяснить двумя причинами: 1) при данной температуре, возможно, происходит образование более крупных частиц, суммарный магнитный момент которых больше, чем у наноразмерных частиц исходного порошка; 2) наблюдаемая аномалия каким-то образом связана с близким по температуре переходом ферроэлектрик–параэлектрик.

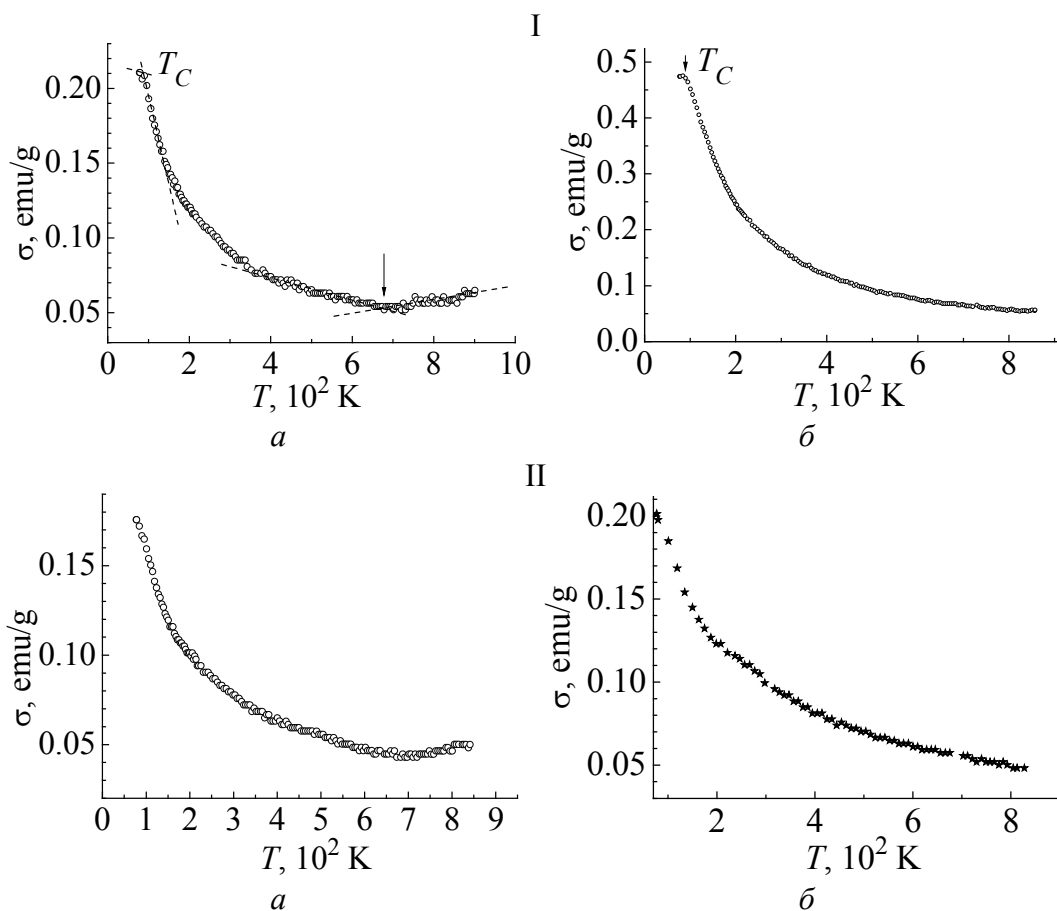


Рис. 2. Температурные зависимости удельной намагниченности BiMnO_3 (I) и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (II) в интервале температур 90–850 К: а – исходный нанопорошок; б – после воздействия высокого давления ~ 50 ГПа при 750°C в течение 60 с

С целью усиления магнитных свойств BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ было проведено компактирование нанопорошков в аппаратах высокого давления в течение 60 с при $T \sim 750^\circ\text{C}$ и $P \sim 50$ ГПа. Рентгенограммы порошков после воздействия высоких давлений и температур показаны на рис. 1, б. Наблюда-

ется более четкое проявление практически всех рефлексов моноклинной структуры BiMnO_3 , соответствующих нецентросимметричной пространственной группе $C2$.

Результаты измерений удельной намагниченности BiMnO_3 , проведенных после воздействия высоких давлений, представлены на рис. 2, I, б. При низких температурах на зависимостях $\sigma(T)$ наблюдается увеличение удельной намагниченности примерно в 2.5 раза. Рис. 2, I свидетельствует о том, что температура Кюри ферромагнитного упорядочения BiMnO_3 до и после воздействия высоких давлений составляет примерно 100 К. В дополнение к рентгенодифракционным исследованиям это является убедительным доказательством синтеза наноразмерных порошков именно состава BiMnO_3 .

При компактировании (в условиях высоких давлений и температур) происходит механическое сближение и спекание наночастиц BiMnO_3 . Повышение в 2.5 раза значения удельной намагниченности компактов можно объяснить увеличением размера частиц, при этом число магнитных атомов растет за счет тех ионов марганца, которые находились в немагнитном поверхностном слое наночастиц. Этот процесс сопровождается возникновением новых сверхобменных Mn–O–Mn-связей, две трети из которых являются ферромагнитными, что и обеспечивает наличие ферромагнетизма в BiMnO_3 [9].

На рис. 2, II приведены температурные зависимости удельной намагниченности $\sigma(T)$ для $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$. Для этих порошков, в отличие от BiMnO_3 , наблюдается более слабое возрастание $\sigma(T)$ после воздействия высоких давлений.

Температурные зависимости обратной магнитной восприимчивости $\chi^{-1}(T)$ в интервале температур 90–850 К для BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ представлены на рис. 3. Для обоих составов выполняется закон Кюри–Вейсса $\chi(T) = C/(T - \theta)$.

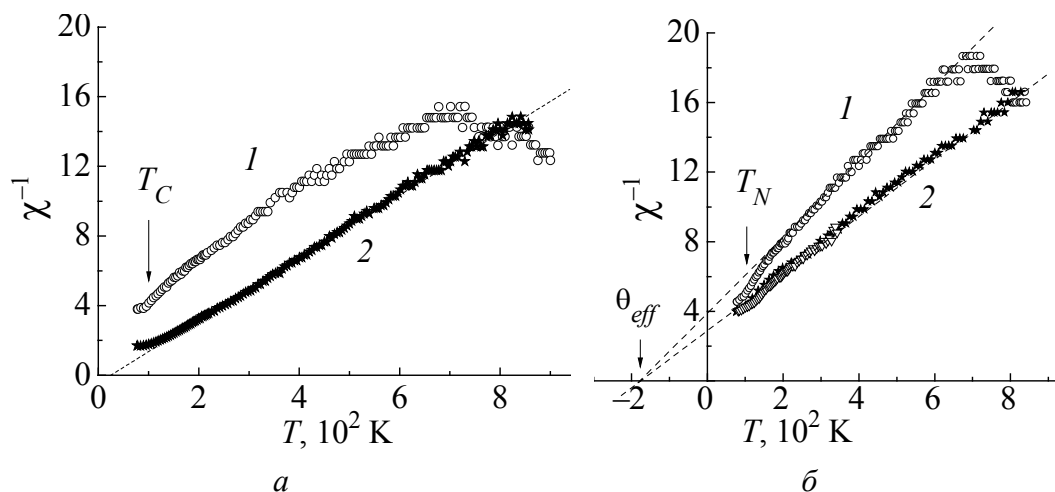


Рис. 3. Температурные зависимости обратной магнитной восприимчивости $\chi^{-1}(T)$ в интервале температур 90–850 К для BiMnO_3 (а) и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (б): 1 – для исходных нанопорошков; 2 – после воздействия высокого давления

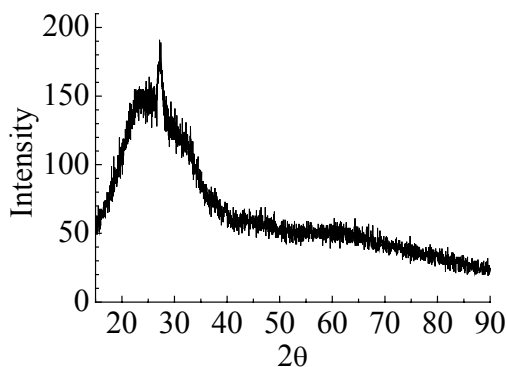


Рис. 4. Рентгенограмма тонкой (~ 170 nm) пленки BiMnO_3 , синтезированной на оптическом стекле

а LaMnO_3 – антиферромагнетиком ($T_N = 140$ К). Установлено, что замещение висмута в BiMnO_3 щелочноземельными металлами (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}) приводит к разрушению ферромагнетизма [7,19]. Наши исследования показали, что в BiMnO_3 замещение висмута лантаном (20%) приводит к концентрационному магнитному фазовому превращению от ферромагнитного упорядочения, характерного для BiMnO_3 , к антиферромагнитному, которое характерно для LaMnO_3 . При этом температура Нееля $T_N \approx 120$ К.

Методом «flash» из компактов $\text{La}_{1-x}\text{Bi}_x\text{MnO}_3$ ($x = 1.0$ и 0.8) на оптическом стекле синтезированы тонкие пленки толщиной ~ 25, 30, 50, 110, 160, 170, 300, 460 nm. На рис. 4 представлена рентгенограмма пленки BiMnO_3 толщиной ~ 170 nm. Рентгенофазовый анализ показал, что кристаллическая структура «толстых» пленок соответствует структуре первичного порошка. Рентгенограммы пленок толщиной менее 100 nm имеют ограниченное количество расширенных рефлексов, что указывает на сильноаморфизированное состояние кристаллической структуры наноразмерных слоев. (Результаты изучения спектров оптического поглощения тонких пленок BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ в диапазоне длин волн 200–3000 nm будут опубликованы в дальнейшем.)

Заключение

Манганит висмута BiMnO_3 является известным мультиферроиком с температурами ферромагнитного упорядочения 100 К и ферроэлектрического упорядочения ~ 750–780 К [7–12]. В данной работе исследованы кристаллическая структура и магнитные свойства наноразмерных (90–100 nm) порошков и пленок BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$. Описан низкотемпературный синтез поликристаллических порошков этих соединений методом совместного осаждения гидроокисей. Кристаллическая структура обоих соединений относится к моноклинной сингонии, пространственная группа $C2$.

Для усиления проявления структурных и магнитных свойств проведено компактирование порошкообразных BiMnO_3 и $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ в условиях

Парамагнитная температура Кюри θ для BiMnO_3 положительна, а для $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ – отрицательна. Следует отметить, что у BiMnO_3 электронная конфигурация ионов Mn^{3+} имеет вид $t_{2g}^3 e_g^1$ ($S = 2$), т.е. такая же, как у известного орбитально-упорядоченного манганита LaMnO_3 . Ионные радиусы висмута и лантана достаточно близки: $r(\text{Bi}^{3+}) = 1.24$ Å и $r(\text{La}^{3+}) = 1.22$ Å. Однако BiMnO_3 является ферромагнетиком ($T_C = 100$ К),

высоких давлений ($P \sim 50$ GPa) и температур ($T \sim 750^\circ\text{C}$). В результате структурные рефлексы нецентросимметричной пространственной группы $C2$ полностью проявились, а удельная намагниченность BiMnO_3 при температурах возросла \sim в 2.5 раза. Температура ферромагнитного упорядочения BiMnO_3 как до, так и после воздействия высоких давлений $T_C \approx 100$ К.

Для обоих составов выполняется закон Кюри–Вейсса $\chi(T) = C/(T - \theta)$. Парамагнитная температура Кюри θ для BiMnO_3 положительна, а для $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ – отрицательна. Таким образом, в данной работе показано, что замещение 20% висмута лантаном в манганите висмута приводит к концентрационному магнитному фазовому превращению от ферромагнитного упорядочения к антиферромагнитному.

Кристаллическая структура «толстых» пленок соответствует структуре первичного порошка, в то время как пленки толщиной менее 100 nm находятся в сильноаморфизированном состоянии.

Авторы выражают благодарность д.ф.-м.н. А.И. Товстолыткину за плодотворные обсуждения экспериментальных результатов.

Работа поддержана ГФФИ Украины, проект № 29.1/009 (совместный проект с Белорусским РФФИ, проект № Ф09К-022).

1. Г.А. Смоленский, И.Е. Чупис, УФН **137**, 415 (1982).
2. H. Schmid, *Ferroelectrics* **162**, 317 (1994).
3. N.A. Hill, *J. Phys. Chem.* **B104**, 6694 (2000).
4. А.К. Звездин, А.П. Пятаков, УФН **174**, 465 (2004).
5. N.A. Hill and K.M. Rabe, *Phys. Rev.* **B59**, 8759 (1999).
6. T. Atou, H. Chiba, K. Ohoyama, Y. Yamaguchi, Y. Syono, *Solid State Chem.* **145**, 639 (1999).
7. H. Chiba, T. Atou, and Y. Syono, *J. Solid State Chem.* **132**, 139 (1997).
8. A. Moreira dos Santos, S. Parashar, A.R. Raju, Y.S. Zhao, A.K. Cheetham, and C.N.R. Rao, *Solid State Commun.* **122**, 49 (2002).
9. A. Moreira dos Santos, A.K. Cheetham, T. Atou, Y. Syono, Y. Yamaguchi, K. Ohoyama, H. Chiba, C.N.R. Rao, *Phys. Rev.* **B66**, 064425 (2002).
10. T. Kimura, S. Kawamoto, I. Yamada, M. Azuma, M. Takano, Y. Tokura, *Phys. Rev.* **B67**, 180401R (2003).
11. A. Sharan, J. Lettieri, Y. Jia, W. Tian, X. Pan, D.G. Schlom, V. Gopalan, *Phys. Rev.* **B69**, 214109 (2004).
12. Z.H. Chi, C.J. Xiao, S.M. Feng, F.Y. Li, C.Q. Jin, *J. Appl. Phys.* **98**, 103519 (2005).
13. С.П. Губин, Ю.А. Кокшаров, Г.Б. Хомутов, Г.Ю. Юрков, *Успехи химии* **74**, 539 (2005).
14. М.Д. Глинчук, А.В. Рагуля, *Наноферроики*, Наукова думка, Киев (2010).
15. В.М. Калита, А.Ф. Лозенко, С.М. Рябченко, А.А. Тимофеев, П.А. Троценко, И.А. Даниленко, Т.Е. Константинова, *ФНТ* **34**, 548 (2008).

16. H. Chiba, T. Atou, H. Fagir, M. Kikuchi, Y. Syono, Y. Murakami, D. Shindo, Solid State Ionics **108**, 193 (1998).
17. E. Montanari, L. Righi, G. Calestani, A. Migliori, E. Gilioli, F. Bolzoni, Chem. Mater. **17**, 1765 (2005).
18. V. Samuel, S.C. Navale, A.D. Jadhav, A.B. Gaikwad, V. Ravi, Materials Letters **61**, 1050 (2007).
19. И.О. Троянчук, О.С. Мантыцкая, А.Н. Чобот, ФТТ **44**, 2164 (2002).

*Т.М. Тарасенко, З.Ф. Кравченко, В.І. Каменєв, А.І. Галяс, О.Ф. Демиденко,
О.В. Ігнатенко, Г.Й. Маковецький, К.Й. Янушкевич*

КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА ТА МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОРОЗМІРНИХ ПОРОШКІВ І ПЛІВОК МУЛЬТИФЕРОЇКА BiMnO_3 : ВПЛИВ ТИСКУ ТА ЗАМІЩЕННЯ ЛАНТАНОМ

Методом сумісного осадження гідроокисів при 100°C синтезовано нанорозмірні порошки (90–100 nm) BiMnO_3 та $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$. Рентгенодифракційним дослідженням при кімнатній температурі з'ясовано, що їх структура належить до моноклінної сингонії (просторова група $C2$). Магнітні вимірювання, проведені у температурному інтервалі 90–850 K, виявили невеликі значення питомої намагніченості обох складів внаслідок малого розміру частинок, що знаходяться в однодоменному або аморфному стані. Для посилення структурних та магнітних властивостей проведено компактування порошкоподібних BiMnO_3 та $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ в умовах високих тисків ($P \sim 50$ GPa) і температур ($T \sim 750^\circ\text{C}$). В результаті повністю проявилися структурні рефлекси просторової групи $C2$, а питома намагніченість BiMnO_3 при низьких температурах підвищилася у 2.5 рази. Температура феромагнітного упорядкування BiMnO_3 складає ~ 100 K. Показано, що заміщення вісмуту лантаном призводить до зміни типу магнітного упорядкування. Тонкі шари BiMnO_3 та $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ синтезовано методом «flash» на оптичному склі.

Ключові слова: нанопорошки, мультифероїки, манганіт вісмуту, моноклінна структура, магнітні властивості, тонкі плівки

*T.N. Tarasenko, Z.F. Kravchenko, V.I. Kamenev, A.I. Galias, O.F. Demidenko,
O.V. Ignatenko, G.I. Makovetskii, K.I. Yanushkevich*

CRYSTAL STRUCTURE AND MAGNETIC PROPERTIES OF BiMnO_3 MULTIFERROIC NANOSIZED POWDERS AND FILMS: EFFECT OF PRESSURE AND SUBSTITUTION BY LANTHANUM

Nanosized powders (90–100 nm) of BiMnO_3 and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ have been synthesized by coprecipitation of the hydroxides at 100°C . The room temperature X-ray diffraction study has revealed that the structure belongs to monoclinic system (space group $C2$). Magnetic measurements made in the temperature range 90–850 K have shown low values of specific magnetization of the both compounds due to the small size of the particles in a single-domain or amorphous state. To enhance the structural and magnetic properties, the

powdered BiMnO_3 and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ were compacted under high pressure ($P \sim 50$ GPa) and temperature ($T \sim 750^\circ\text{C}$). As a result, the structure reflections of space group $C2$ were highly developed and there was a 2.5 times increase in the specific magnetization of BiMnO_3 at low temperatures. The temperature of the ferromagnetic ordering of $\text{BiMnO}_3 \sim 100$ K. It is shown that the substitution of bismuth by lanthanum leads to a change in the type of magnetic ordering. Thin layers of BiMnO_3 and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ have been synthesized by the «flash» method on the optical glass.

Keywords: nanopowders, multiferroics, bismuth manganite, monoclinic structure, magnetic properties, thin films

Fig. 1. X-ray patterns of BiMnO_3 (I) and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (II) in $\text{Cu } K_\alpha$ -radiation at room temperature: *a* – initial nanopowder; *b* – after applying high pressure of ~ 50 GPa at 750°C during 60 s

Fig. 2 Temperature dependences of specific magnetization of BiMnO_3 (I) and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (II) in the range 90–850 K: *a* – initial nanopowder; *b* – after applying high pressure of ~ 50 GPa at 750°C for 60 s

Fig. 3. Temperature dependences of inverse magnetic susceptibility $\chi^{-1}(T)$ in the range 90–850 K for BiMnO_3 (*a*) and $\text{Bi}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{MnO}_3$ (*b*): 1 – for initial nanopowders; 2 – after applying high pressure

Fig. 4. X-ray pattern of BiMnO_3 thin film (~ 170 nm) synthesized on optical glass