

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА КОЭРЦИТИВНУЮ СИЛУ В НАНОСТРУКТУРНЫХ МАНГАНИТАХ

Прилипко С.Ю., Акимов Г.Я., Ревенко Ю.Ф.

Донецкий физико-технический институт НАН Украины, г. Донецк, 83114,
ул. Р.Люксембург 72, e-mail: suprilipko@mail.ru

В настоящее время большой интерес представляет исследование наноматериалов, имеющих свойства, отличные от крупнокристаллических аналогов [1]. Особое внимание при этом уделяется поиску критического размера частиц, при котором наблюдаются максимальные значения каких-либо свойств. Изучение размерного эффекта в манганит-лантановых перовскитах показало высокую чувствительность свойств этих материалов к размеру частиц [2, 3]. Это, наряду с их практической ценностью [4, 5], делает проведение дальнейших исследований чрезвычайно актуальными. Целью данной работы был поиск размера частиц, при котором достигается максимальное значение коэрцитивной силы для заданных составов.

Образцы состава $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$ и $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$ получали методом совместного осаждения из растворов нитратов лантана, стронция и марганца смесью растворов аммиака и карбоната аммония. При синтезе материала применялась оригинальная методика [6], включавшая многократное холодное изостатическое прессование давлением 1 GPa с последующей термообработкой и диспергированием. Температура синтеза нанокристаллического порошка $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$ составляла 600 °С. Общее время синтеза составляло 15 h. Результаты рентгенофазового анализа и электронной микроскопии (рис. 1 а) показали, что полученный материал не содержит примесей и имеет размер кристаллитов 30 nm. Порошок $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$ синтезированный при температуре 450 °С в течении 30 h также был однофазным и имел размер частиц 5 nm (рис. 1 б).

Для термоактивированного роста кристаллитов и проверки размерного эффекта часть материала в нескомпактированном виде обжигалась при различных температурах. Средний размер кристаллитов определялся по данным микрофотографий, полученных с использованием ТЕМ. Образцы для измерения магнитных свойств получали прессованием порошков при 1,2 GPa.

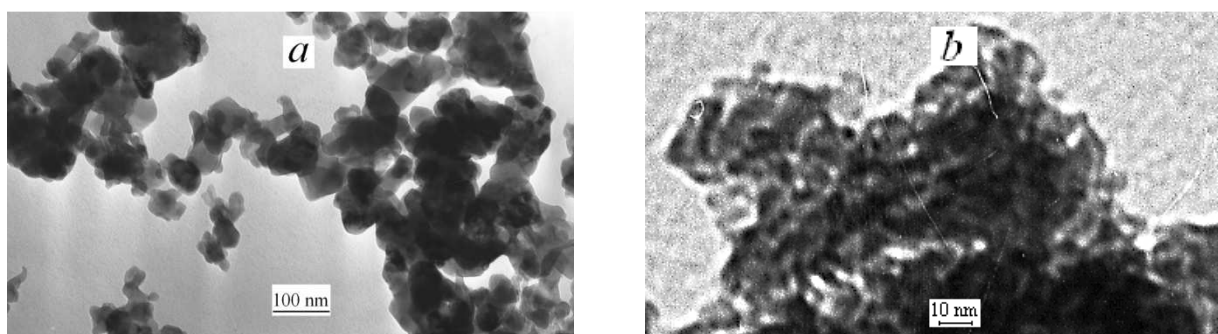


Рисунок 1 – Микрофотография манганита лантана $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$ (а) со средним размером кристаллитов ~30 nm и $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$ (б) со средним размером кристаллитов 5÷7 nm.

Коэрцитивная сила определялась с использованием двух методов. По методу I она определялась по значению поля, при котором наблюдался максимум электросопротивления образца ρ (рис. 2, кривые 1 и 2). Ограниченность применения этого метода проявляется в невозможности измерить значение коэрцитивной силы для образцов с малыми размерами кристаллитов, вследствие их высокого удельного сопротивления. Метод II заключался в определении коэрцитивной силы по максимуму в зависимости

динамической магнитной восприимчивости χ от величины поля (рис. 2, кривые 3 и 4). Значения коэрцитивной силы, рассчитанные по зависимости электросопротивления образца от поля, в большей степени характеризуют магнитные свойства поверхностной фазы, а рассчитанные по зависимости динамической магнитной восприимчивости χ – объемной.

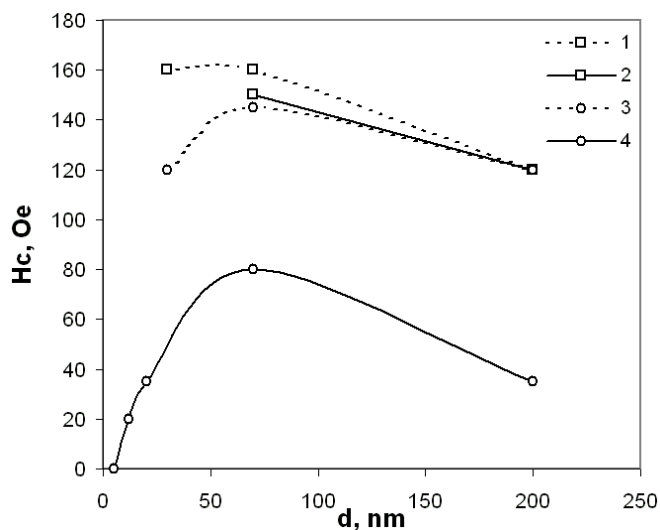


Рисунок 3 – Зависимость коэрцитивной силы от размера кристаллитов, полученная (при 77 К):

- 1 – методом I для образцов состава $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$
- 2 – методом I для образцов состава $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$
- 3 – методом II для образцов состава $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$
- 4 – методом II для образцов состава $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$

Как видно из рисунка, коэрцитивная сила манганита $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$ растет при уменьшении размера частиц до 70 nm, после чего резко уменьшается. Такой же характер зависимости наблюдался и для образцов $(\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35})_{0.8}\text{Mn}_{1.2}\text{O}_{3\pm\Delta}$. К сожалению, этим способом не удалось зафиксировать значение коэрцитивной силы для образцов $\text{La}_{0.7}\text{Mn}_{1.3}\text{O}_{3\pm\Delta}$ с размером частиц менее 70 nm из-за их высокого сопротивления.

Таким образом, в результате работы удалось установить немонотонный характер зависимости коэрцитивной силы от размера частиц в манганитах и определить размер частиц, при котором она имеет максимальное значение. Определен размер частиц, при котором в манганите лантана полностью исчезают ферромагнитные свойства. Полученные данные позволяют сделать вывод, что толщина антиферромагнитного поверхностного слоя в этой системе составляет порядка 3÷5 nm.

1. Скороход В.В., Рагуля А.В. Прогресивні матеріали і технології. **2**. 7. (2003).
2. С.В. Труханов, Ф.В. Труханов, С.Г. Степин, Н. Szymczak, С.Е. Botez. ФТТ. **50**. 849. (2008).
3. Г.Я. Акимов, С.Ю. Прилипко, Ю.Ф. Ревенко, В.М. Тимченко. ФТТ. **51**. 727 (2009)
4. E.L. Nagaev. Phys. Rep. **346**, 387 (2001).
5. F.W. Poulsen. Solid State Ion. **129**, 145 (2000).
6. С. Ю. Прилипко, В. М. Тимченко, Г. Я. Акимов, В.И. Ткач. Порошк. Мет. № 5/6, 26. (2008).