

МАГНИТОНЕОДНОРОДНОЕ СОСТОЯНИЕ МАНГАНИТОВ $La-Sr$ СИСТЕМЫ

Довгий В.Т., Линник А.И., Прокопенко В.К., Михайлов В.И., Кадомцева А.М.* , Хохлов В.А.,
Шемяков А.А., Пашенко В.П., Давыдейко Н.В., Линник Т.А., Кисель Н.Г.

Донецкий физико-технический институт НАН Украины

83114, г.Донецк, ул.Р.Люксембург, 72, Украина

*Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

119899 Москва, Россия

Редкоземельные манганиты со структурой перовскита типа $R_{1-x}M_xMnO_3$, (где R – трехвалентные ионы La , Pr , Nd и других редкоземельных элементов, M – двухвалентные ионы Sr , Ca , Ba) являются предметом интенсивных исследований в связи с наблюдаемым в них колоссальным магниторезистивным эффектом. Однако вопрос о природе этого эффекта до сих пор остается открытым.

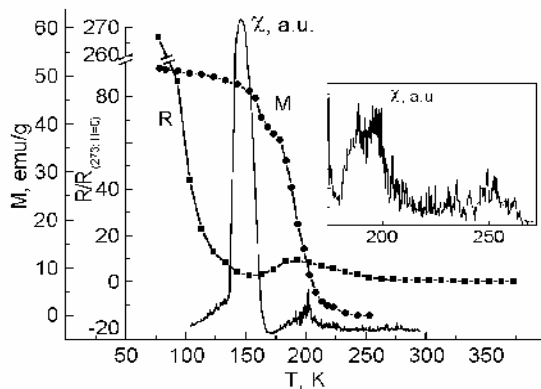


Рис. 1

150 К и 200 К, совпадают соответственно с минимумом и максимумом R , а на зависимости $M(T)$ наблюдается скачок намагниченности в области температуры 150 К и резкий спад намагниченности в области $T_C \approx 208$ К. Согласно фазовой диаграмме системы $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ [1] (см. рис. 2) для $x = 0.125$ при температурах $T < 140$ К образец находится в состоянии ферромагнитного изолятора FM/I, где

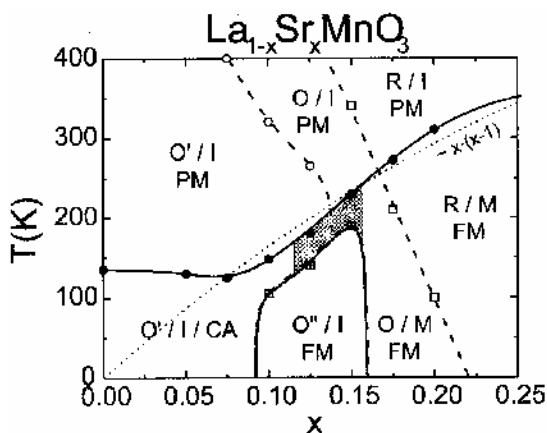


Рис. 2

В настоящей работе предпринята попытка выяснить связь резистивных экстремумов с существованием различных магнитных фаз в манганитах $La-Sr$ системы.

Были исследованы начальная восприимчивость χ , удельная намагниченность M , сопротивление R и магниторезистивность монокристалла состава $La_{0.875}Sr_{0.125}MnO_3$ и поликристаллических (керамических) образцов $(La_{0.8}Sr_{0.2})_{1-x}Mn_{1+x}O_3$ ($0 \leq x \leq 0.4$).

На рис. 1 приведены температурные зависимости M , χ и R для монокристалла $La_{0.875}Sr_{0.125}MnO_3$. Видно, что пики χ , наблюдаемые в области температур 150 К и 200 К, соответствуют магнитному переходу FM/I \leftrightarrow CA/I и структурному фазовому переходу O'' \leftrightarrow O'. Отметим, что в области O' фазовой диаграммы наблюдаются большие янтеллеровские деформации октаэдров MnO_6 , а в областях O'' и O – малые [2]. Так как примененная нами методика фактически фиксирует колебания ферромагнитного

момента в образце при воздействии переменного магнитного поля, то максимум $\chi(T)$ свидетельствует о минимальном значении поля магнитной анизотропии в этом диапазоне температур. Очевидно, что в области FM/I «источником» поля магнитной анизотропии является орбитальное упорядочение, а в области парамагнитного изолятора PM/I – ян-теллеровские искажения (которые в области O' примерно на порядок больше, чем в области O'' фазовой диаграммы [2]). Мы предполагаем, что в заштрихованной области фазовой диаграммы (см. рис. 2) при $x = 0.125$ наблюдается смесь скошенной антиферромагнитной изоляторной SA/I и ферромагнитной металлической (FM/M) или изоляторной (FM/I) фаз. Наблюдаемый здесь широкий по температуре и большой по амплитуде пик восприимчивости, по-видимому, соответствует минимуму орбитального упорядочения и минимуму ян-теллеровских искажений и, следовательно, минимуму поля магнитной анизотропии. При этом, как видно из рис. 1, намагниченность M остается все еще большой и только небольшое скачкообразное уменьшение M может говорить скорее о скошенной ферромагнитной, чем о скошенной антиферромагнитной фазе. В то же время резкое падение сопротивления и минимальное значение R свидетельствует о появлении большого числа носителей, что также является следствием делокализации носителей и соответствует разрушению орбитального и зарядового упорядочения [1 – 3].

Второй пик $\chi(T)$ («высокотемпературный») связан с переходом в парамагнитное изоляторное состояние ($T_C \approx 208$ К). Видно, что в области T_C наблюдаются осцилляции восприимчивости (на вставке рис.1 они показаны в увеличенном масштабе), которые с увеличением температуры уменьшаются, но наблюдаются до температуры 270 К, где, как следует из рис.2, имеет место структурный фазовый переход $O' \rightarrow O$. Отметим удивительное и важное обстоятельство: осцилляции $\chi(T)$ наблюдаются в парамагнитной области далеко за точкой Кюри ($\Delta T \approx 60$ К). Мы связываем эти осцилляции с ферромагнитными кластерами, которые наблюдаются и в районе T_C , и в парамагнитной области фазовой диаграммы. Амплитуда и характер осцилляций говорит о том, что ферромагнитные кластеры обладают довольно большим магнитным моментом и их колебания независимы (не синхронизированы). Кроме того, видно, что при приближении к T_C из области высоких температур амплитуда этих осцилляций и их огибающая возрастают, а это значит, что количество кластеров и их суммарный магнитный момент увеличиваются. Видимо, и в районе T_C наблюдается магнитнеоднородное состояние и сосуществуют области скошенного антиферромагнетика, ферромагнитного металлического и парамагнитного изоляторного состояний. При приближении к T_C из области низких температур происходит рост объемной доли неферромагнитной фазы, что приводит к росту сопротивления и на пике зависимости $R(T)$ происходит смена металлического типа проводимости (превалирует спин-поляризованный дрейф носителей) на полупроводниковый (превалирует активационный тип проводимости). Температура пика резистивности T_{ms} соответствует порогу перколяции, когда отдельные магнитные кластеры объединяются и образуют непрерывные пути для протекания носителей тока (ФМ-матрицу) при понижении температуры и «развал» ФМ-матрицы на отдельные ФМ-кластеры при повышении температуры [4]. Отметим, что магнитная неоднородность может создаваться и различной степенью ФМ упорядочения (с различной степенью коллинеарности магнитных моментов). Возможно, что «осцилляции» χ проявились «ярко» из-за существования напряжений и блочного строения монокристалла.

Представляется интересным сравнить результаты, полученные для монокристалла, с аналогичными результатами для керамических образцов. С этой целью были исследованы керамики состава $(La_{0.8}Sr_{0.2})_{1-x}Mn_{1+x}O_3$ ($0 \leq x \leq 0.4$). Результаты измерений температурной

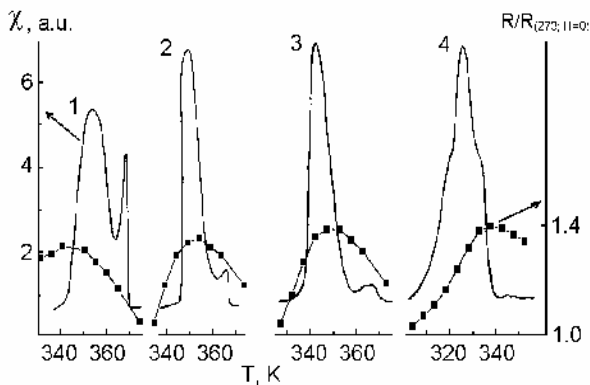


Рис. 3

состояние керамического образца: ферромагнитная фаза имеет различную степень спинового упорядочения и различную температуру Кюри. В то же время участки зависимости $R(T)$ для того же температурного диапазона не проявляют аномалии, характерной для $\chi(T)$.

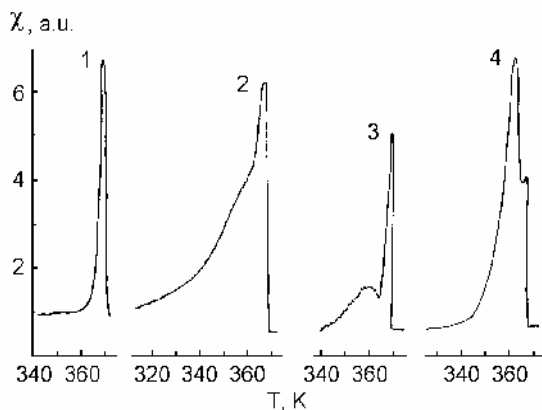


Рис. 4

одним из факторов, определяющих «двугорбый» характер $\chi(T)$ в керамических манганитах, является именно магнитнеоднородное состояние, возникающее, возможно при термообработке образца, как результат перераспределения ионов Mn^{3+} и Mn^{4+} между зёрнами и их границами.

1. M.Paraskevopoulos, F.Mayr, J.Hemberger, A.Loidl, R.Heichele, D.Maurer, V.Muller, A.A.Mukhin, and A.M.Balbashov. *J.Phys.:Condens.Matter*. **12**, 3993 (2000).

2. H.Nojiri, K.Kaneko, M.Motokawa, K.Hirota, Y.Endoh, K.Takahashi. *Phys.Rev.* **B60**, 6, 4142 (1999).

3. M.Paraskevopoulos, F.Mayr, C.Hartinger, A.Pimenov, J.Hemberger, P.Lunkenheimer, A.Loidl, A.A.Mukhin, V.Yu.Ivanov, A.M.Balbashov. *JMMM*. **211**, 118 (2000).

4. Э.Л.Нагаев. *УФН* **166**, № 8, 833 (1996).

зависимости начальной магнитной восприимчивости $\chi(T)$ и сопротивления $R(T)$ данных керамических образцов представлены на рис. 3 (для x , равных: 0; 0.2; 0.3; 0.4 – кривые 1; 2; 3; 4 соответственно). Видно, что зависимость $\chi(T)$ демонстрирует два максимума. Согласно фазовой диаграмме (рис. 2) образцы данного состава при изменении температуры должны испытывать переход из ферромагнитного состояния с металлической проводимостью (ФМ/М) в парамагнитное изолирующее (ПМ/И), т.е. на зависимости $\chi(T)$ должен наблюдаться один пик. Мы интерпретируем «двугорбый» характер $\chi(T)$ как магнитнеоднородное

состояние керамического образца. С целью выяснить природу указанного магнитнеоднородного состояния, нами было изучено влияние температуры отжига на температурную зависимость начальной восприимчивости для одного из керамических образцов состава $La_{0.6}Sr_{0.2}Mn_{1.2}O_3$. Результаты этого исследования представлены на рис. 4. Видно, что если сразу после синтеза при $950^{\circ}C$ (20 ч.) $\chi(T)$ имеет один пик (кривая 1), то дополнительный отжиг на воздухе при температурах $950^{\circ}C$, 26 ч.; $1150^{\circ}C$, 10 ч.; $1200^{\circ}C$, 21 ч. (кривые 2, 3 и 4 соответственно) приводит к появлению и развитию дополнительного, более низкотемпературного пика. Таким образом, можно заключить, что