

МАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ПЕРОВСКИТАХ $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$

И. О. Троянчук, Г. Л. Бычков, А. К. Богуш

При замещении ионов La^{3+} на Ca^{2+} в твердых растворах $\text{La}_{1-x}^{3+}\text{Ca}_x^{2+} \times (\text{Mn}_{1-x}^{3+}\text{Mn}_x^{4+})\text{O}_3$ наблюдался переход антиферромагнетик-ферромагнетик [1]. Согласно [1, 2], в переходной области от антиферромагнетизма к ферромагнетизму $0.1 \leq x \leq 0.2$ сосуществуют антиферромагнитная и ферромагнитная фазы. В работах [3, 4] предполагается, что при $0.1 \leq x \leq 0.2$ реализуется состояние типа неколлинеарного ферромагнетика. Ценную информацию о магнитном состоянии можно получить из измерений динамической восприимчивости, однако соответствующие данные

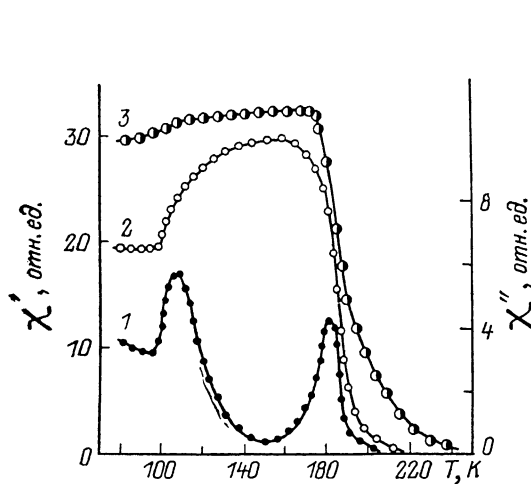


Рис. 1. Зависимости мнимой (1) и действительной (2, 3) частей восприимчивости от температуры.

x : 1, 2 — 0.125; 3 — 0.2. Значение восприимчивости образца $x=0.2$ уменьшено в 2 раза.

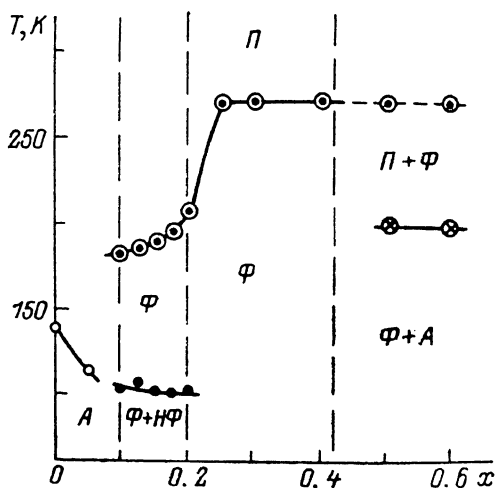


Рис. 2. Магнитная фазовая диаграмма $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$.

А — антиферромагнетик, П — парамагнетик, НФ — неколлинеарный ферромагнетик, Ф — ферромагнетик. Штриховая линия соответствует началу перехода в ферромагнитное состояние.

в литературе отсутствуют. В настоящей работе сообщаются результаты исследования динамической восприимчивости $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$.

Подробности получения и рентгенографические исследования образцов приведены в [5]. Динамическая восприимчивость измерялась мостом взаимной индукции, намагниченность на вибрационном магнитометре.

На температурной зависимости динамической восприимчивости $\chi(T)$ образцов состава $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ ($x < 0.1$) наблюдался максимум. С увеличением замещения La^{3+} на Ca^{2+} максимум смещается в область низких температур. С учетом данных по исследованию намагниченности [4, 5] и нейтронографии [1] можно сделать вывод, что при $x < 0.1$ реализуется состояние неоднородного антиферромагнетика. Максимум на зависимости $\chi(T)$, по-видимому, обусловлен возникновением дальнего антиферромагнитного порядка.

Зависимости мнимой $\chi''(T)$ и действительной $\chi'(T)$ частей восприимчивости для составов $0.1 \leq x \leq 0.2$ имеют более сложный характер. На зависимости $\chi''(T)$ наблюдались два максимума (рис. 1). Максимум в области высоких температур очень близок к температуре Кюри, определенной по методу Белова—Аррота [5]. Низкотемпературные аномалии

восприимчивости нельзя объяснить переходом антиферромагнитной фазы в парамагнитное состояние, так как действительная часть восприимчивости после перехода резко увеличивается. Такое поведение восприимчивости следует ожидать в случае перехода из неколлинеарной фазы в коллинеарную. В рамках модели двойного обмена температура перехода в коллинеарную фазу должна сильно зависеть от состава [3], однако этого не наблюдается (рис. 2). Известно [6], что ферромагнетизм манганитов со структурой перовскита можно объяснить не прибегая к теории «двойного обмена». Независимость температуры перехода от состава, плавное уменьшение величины низкотемпературных аномалий восприимчивости с ростом концентрации Mn^{4+} , «хвосты» восприимчивости выше T_c свидетельствуют в пользу сосуществования неколлинеарной и коллинеарной ферромагнитных фаз. В результате рентгенографических исследований [5] обнаружено сосуществование O' - и O -орторомбических структур. Обычно O' -орторомбическую структуру связывают с наличием статических ян-теллеровских искажений. Естественно предположить, что неколлинеарная магнитная фаза обусловлена областями с кооперативным статическим эффектом Яна—Теллера (ЯТ), а коллинеарная — областями с динамическим эффектом ЯТ. Переход по температуре из неколлинеарной в коллинеарную фазу можно объяснить наличием более слабых антиферромагнитных обменных связей в областях со статическим эффектом ЯТ. Сосуществование областей с динамическим и статическим эффектом ЯТ может быть обусловлено тем, что образование кластерного ян-теллеровского стекла энергетически не выгодно. Гипотеза о сосуществовании коллинеарной и неколлинеарной фаз находится в соответствии с данными измерений ЯМР [4], нейтронографии [1, 7], электропроводности и магнитосопротивления [5].

В интервале $0.3 < x < 0.4$ реализуется однородное ферромагнитное состояние. При дальнейшем увеличении содержания ионов Mn^{4+} намагниченность резко уменьшается с 90 ($x=0.3$) до $5.8 \text{ A} \cdot \text{m}^2/\text{кг}$ ($x=0.6$), однако температура начала перехода в состояние со спонтанной намагниченностью остается прежней (рис. 2). Зависимости $\chi'(T)$ образцов $x=0.5$ и 0.6 имеют максимум при 200 К, который, возможно, обусловлен возникновением антиферромагнитного упорядочения. Результаты исследования восприимчивости составов $x=0.5$ и 0.6 можно объяснить тем, что при $x > 0.4$ сосуществуют антиферромагнитная фаза с порядком в расположении ионов Mn^{3+} и Mn^{4+} и ферромагнитная фаза с динамическим эффектом ЯТ.

Список литературы

- [1] Wollan E. O., Koehler W. C. // Phys. Rev. 1955. V. 100. N 2. P. 545—563.
- [2] Нагаев Э. Л. Магнетика со сложными обменными взаимодействиями. М.: Наука, 1988. 231 с.
- [3] Gennes P. G. // Phys. Rev. 1960. V. 118. N 1. P. 141—154.
- [4] Matsumoto G. // J. Phys. Soc. Jap. 1970. V. 29. N 2. P. 615—623.
- [5] Pavlov V. J., Bychkov G. L., Bogush A. K. // Cryst. Res. Technol. 1986. V. 21. N 4. P. 487—494.
- [6] Bokov V. A., Grigorijan N. A., Bryshina M. F., Tikhonov V. V. // Phys. St. Sol. 1968. V. 28. N 2. P. 835—849.
- [7] Jirak Z., Krupička S., Šimša Z., Dlouha M., Vratislav S. // J. Magn. Magn. Meter. 1985. V. 53. N 2. P. 153—166.

Институт физики твердого тела
и полупроводников АН БССР
Минск

Поступило в Редакцию
9 марта 1989 г.