

Колоссальное магнитосопротивление при комнатной температуре монокристалла $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{1/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$

© А.И. Абрамович, А.В. Мичурин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119899 Москва, Россия

E-mail: abram@ofef343.phys.msu.su

(Поступила в Редакцию 17 апреля 2000 г.)

Показано, что замещение половины ионов неодима на ионы лантана в $\text{Nd}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ приводит к значительному увеличению температуры Кюри. В области температур выше комнатной обнаружена рекордная величина магнитосопротивления, равная 27% в слабом магнитном поле 8.4 кОе для монокристалла $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{1/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, точка Кюри которого равна 315 К.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 96-15-96429), NATO-НТЕСН LG 972942, INTAS-97-ореп-30253.

В настоящее время интенсивно изучаются манганиты редких земель со структурой перовскита. Эти материалы характеризуются сильным взаимодействием электронной и спиновой подсистем с кристаллической решеткой, что приводит к аномалиям магнитных, электрических, оптических и упругих свойств. Несомненно, самым нетривиальным эффектом является эффект колоссального магнитосопротивления (КМС), который наблюдается в манганитах вблизи температуры перехода из парамагнитного в ферромагнитное состояние. Этот эффект интересен как с теоретической точки зрения (природа КМС до сих пор окончательно не выяснена), так и в плане практического применения. Материалы с КМС могут быть применены в качестве высокочувствительных датчиков для считывающих головок магнитной памяти. Для практического применения этих материалов необходимо, чтобы КМС в них наблюдалось: (i) в широком диапазоне температур вблизи комнатной, (ii) в слабых магнитных полях. Однако обычно КМС в манганитах получается в сильных магнитных полях 6–13 Т. Рекордное КМС, равное 96% в слабом магнитном поле 0.67 Т, было обнаружено в керамике $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{1/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$, но при температуре 90 К [1]. Известно, что самую высокую температуру Кюри $T_C = 370$ К имеет соединение $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, но оно обладает металлическим типом проводимости и его магнитосопротивление гораздо меньше, чем у полупроводниковых манганитов [2]. Известно не так много материалов, обладающих КМС при комнатной температуре. Например, это тонкие пленки $\text{La}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{MnO}_3$ [3] и $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ [4], МС которых равно 13% в магнитном поле 11 кОе и 22% в магнитном поле 6 Т соответственно. Поэтому поиск материалов с КМС в районе комнатной температуры остается актуальным.

Ранее нами была исследована керамика $\text{Nd}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ [5], в которой был обнаружен эффект КМС в широком температурном интервале 80–280 К в слабых магнитных полях (T_C этого соединения равно 243 К). Проводимость соединения $\text{Nd}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ высокая, следовательно, в нем преобладающим является

обмен через носители тока. В этом случае температура Кюри определяется выражением

$$T_C \sim z\nu, \quad (1)$$

где t — интеграл переноса (ширина зоны проводимости W пропорциональна t), z — координационное число магнитного иона (Mn в рассматриваемом случае) и ν — количество носителей тока на один магнитный ион [6]. Замещая Nd на La в $\text{Nd}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, мы тем самым хотели повысить температуру Кюри, основываясь на следующих соображениях. Известно, что в искаженной структуре перовскита угол связи Mn–O–Mn равен 180° . При замещении ионов Nd меньшими по размеру ионами Sr происходит искажение решетки. Можно ожидать, что частичное замещение ионов Nd большими по размеру ионами La приблизит угол связи к 180° , вследствие чего зона проводимости расширится, так как в одноэлектронном приближении ширина зоны проводимости в манганитах пропорциональна $\cos^2 \theta$ [7], а значит, увеличится интеграл переноса t и усилится обмен через носители тока. Вследствие этого в соответствии с выражением (1) возрастет и температура Кюри.

Монокристалл $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{1/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ был получен методом бестигельной зонной плавки и имеет орторомбическую структуру (пространственная группа $Pnma$). Измерения начальной магнитной восприимчивости в переменном магнитном поле производились при помощи феррометра Ф5063, а измерения сопротивления и магнитосопротивления — обычным четырехконтактным методом.

На рис. 1 представлена температурная зависимость начальной магнитной восприимчивости $\chi(T)$ в переменном магнитном поле ($f = 8$ kHz, $H_{\sim} = 1$ Ое). Видно, что кривая $\chi(T)$ имеет вид, типичный для ферромагнетиков. T_C определялась как температура минимума на кривой $\partial\chi/\partial T(T)$ и оказалась равной 315 К. Резкое увеличение удельного электросопротивления ρ наблюдается вблизи T_C , а наложение внешнего магнитного поля приводит к уменьшению ρ (рис. 2). Температурные зависимости МС

в различных магнитных полях представлены на рис. 3. Видно, что в T_C наблюдается резкий максимум абсолютной величины МС, характерный для монокристаллов и эпитаксиальных пленок. Величина отрицательного МС (МС определялось как $(\rho_H - \rho_0)/\rho_0$) достигает 27, 18 и 9% в магнитных полях 8.4, 4.5 и 2.2 кОе соответственно. Изотермы МС далеки от насыщения вплоть до

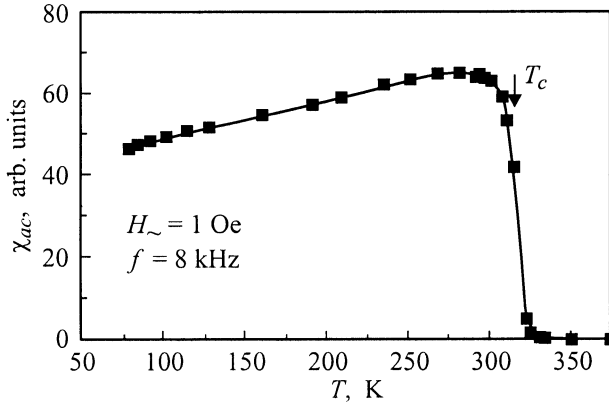


Рис. 1. Температурная зависимость начальной магнитной восприимчивости.

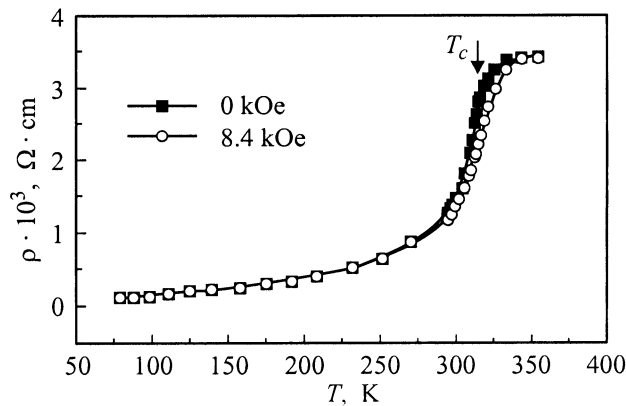


Рис. 2. Температурная зависимость удельного электросопротивления.

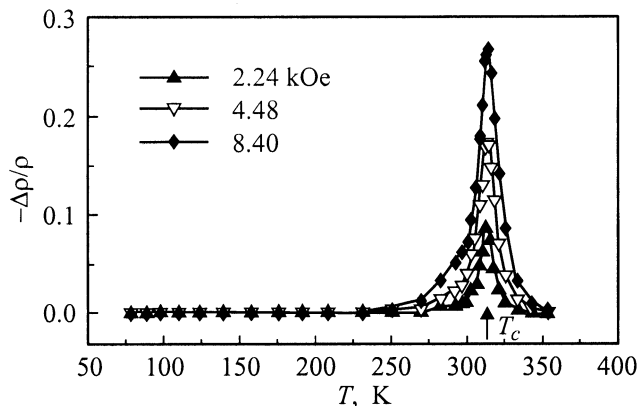


Рис. 3. Температурная зависимость магнитосопротивления в различных магнитных полях.

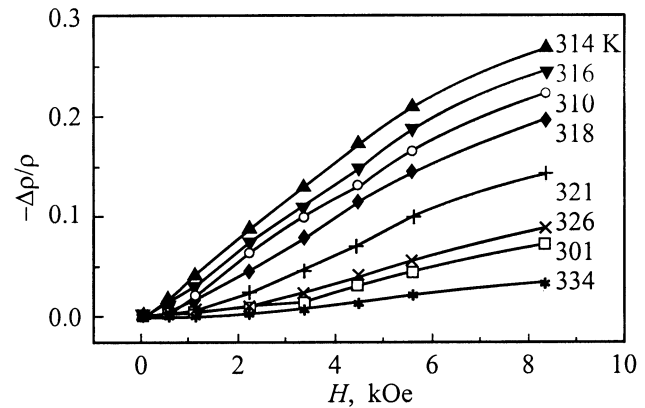


Рис. 4. Изотермы магнитосопротивления в районе точки Кюри.

максимального поля измерения 8.4 кОе (рис. 4). Поведение удельного сопротивления и магнитосопротивления, показанное на рис. 2 и рис. 3, характерно для проводящего магнитного двухфазного состояния [8]. Соединение $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{1/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ — сильно легированный Sr антиферромагнитный полупроводник $\text{La}_{1/3}\text{Nd}_{2/3}\text{MnO}_3$, в котором ниже T_C наблюдается проводимость металлического типа (рис. 2). В работе [9] показано, что в манганитах такого типа с сильным $p-d$ обменом имеются два механизма влияния магнитно-примесного взаимодействия на сопротивление: (i) рассеяние носителей заряда, уменьшающее их подвижность, (ii) образование хвоста их зоны, состоящего из локализованных состояний. В районе T_C происходит резкое уменьшение подвижности носителей заряда и их частичная локализация в хвосте зоны. Под действием магнитного поля магнитно-примесное рассеяние носителей уменьшается и происходит их делокализация из хвоста зоны, что и приводит к КМС.

Авторы благодарны Ю.М. Балбашову за приготовление монокристалла и его анализ.

Список литературы

- [1] G.H. Rao, L.R. Sun, J.K. Liang, W.Y. Zhou, X.R. Cheng. Appl. Phys. Lett. **69**, 3, 424 (1996).
- [2] A. Urushibara, Y. Moritomo, T. Arima, A. Asamutsu, G. Kido, Y. Tokura. Phys. Rev. **B51**, 14 103 (1995).
- [3] О.Ю. Горбенко, Р.В. Демиин, А.Р. Кауль, Л.И. Королева, Р. Шимчак. ФТТ **40**, 2, 290 (1998).
- [4] J.C. Chen, S.C. Law, L.C. Tung, C.C. Chi, Weiyan Guan. Phys. Rev. **B60**, 17, 12 143 (1999).
- [5] А.И. Абрамович, Л.И. Королева, А.В. Мичурин, О.Ю. Горбенко, А.Р. Кауль. Тез. докл. II Междунар. конф. по магнитоэлектронике. Екатеринбург (2000). С. 131.
- [6] Э.Л. Нагаев. Физика магнитных полупроводников. М. (1979). 431 с.
- [7] Y. Tokura, Y. Tomioka. J. Magn. Mater. **200**, 1, 1 (1999).
- [8] Э.Л. Нагаев. УФН **166**, 8, 833 (1996).
- [9] E.L. Nagaev. Phys. Lett. **A211**, 5, 313 (1996).