

# Электрические и магнитные свойства манганитов $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$ ( $x = 0.05, 0.1$ и $0.2$ ) при $77 < T < 300$ К

© Е.И. Никулин, Ю.П. Степанов

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,  
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: E. Nikulin@mail.ioffe.ru

(Поступила в Редакцию 14 апреля 2010 г.)

Исследованы проводимость, намагниченность и магнитосопротивление манганитов  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  в интервале температур 78–300 К. Образцы изготовлены золь-гельным методом. При комнатной температуре магнитное поле 0.6 Т на проводимость не влияет. При понижении температуры на кривой намагниченности наблюдается резкий скачок, что связано с фазовым переходом полупроводник–металл. На температурной зависимости сопротивления этот переход практически не сказывается.

Изучению манганитов редкоземельных элементов (РЗЭ) типа  $\text{LaMnO}_3$ , где трехвалентный редкоземельный ион замещается двухвалентным элементом типа Са, Sr и т.д., посвящено большое число работ. Наиболее интересным свойством этих соединений является фазовый переход полупроводник–металл (ПМ-переход) и эффект гигантского магнитосопротивления (ГМС).

За последние годы появились работы по исследованию манганитов РЗЭ, легированных одновалентными ионами (Ag, Na, K). Появились данные о материалах с большим эффектом ГМС при комнатной температуре, что имеет большое прикладное значение. Показано, что свойства материалов определяются и методом их получения [1–3].

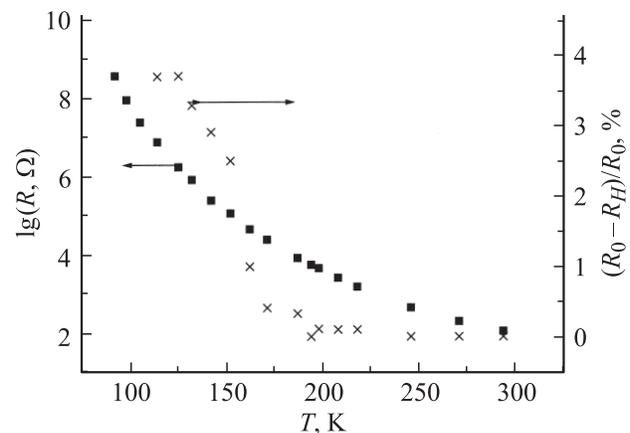
Целью настоящей работы является исследование манганитов лантана, легированных одновалентными ионами серебра, а также получение новых экспериментальных данных о свойствах этих соединений. Исследованы образцы  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.05, 0.1$  и  $0.2$ ) в интервале температур 77–300 К. Образцы изготовлялись золь-гельным методом. Измерялись температурные зависимости сопротивления, магнитосопротивления и намагниченности образцов.

Легированные серебром манганиты лантана в отличие от манганитов, легированных двухвалентными атомами типа Са, Sr, не образуют непрерывный ряд твердых растворов. Максимальная растворимость серебра в перовскитной матрице гораздо меньше. Только при  $x \leq 0.16$  (по данным работы [2] при  $x \leq 0.2$ ) образуется однофазная перовскитная ромбическая структура [3]. При большем содержании серебра ( $x > 0.2$ ) образцы всегда полифазны и содержат частицы мателлического Ag.

На рис. 1 представлены результаты измерения сопротивления и магнитосопротивления в поле 0.6 Т образца  $\text{La}_{0.95}\text{Ag}_{0.05}\text{MnO}_3$ . Температурная зависимость сопротивления (в координатах  $\lg R - 1/T$ ) соответствует слаболегированному полупроводнику при переходе от собственной проводимости к примесной. Энергия активации собственной проводимости равна 0.4 эВ. При понижении температуры от 300 К влияние магнитно-

го поля на проводимость начинает сказываться только при  $T < 200$  К. Эффект слабый, величина отрицательного магнитосопротивления  $(R_0 - R_H)/R_0 = 4\%$  при 125 К. При более низких температурах измерения сопротивления не проводились, так как сопротивление образца достигает запредельных величин. Намагниченность образцов не удалось измерить из-за малости эффекта.

На рис. 2, 3 приведены результаты измерения сопротивления, магнитосопротивления и намагниченности образца  $\text{La}_{0.9}\text{Ag}_{0.1}\text{MnO}_3$ . Температурный ход сопротивления аналогичен образцу с содержанием Ag  $x = 0.05$ , величина энергии активации 0.37 эВ. При понижении температуры до 200 К магнитное поле 0.6 Т не влияет на проводимость, но при дальнейшем охлаждении появляется отрицательное магнитосопротивление  $(R_0 - R_H)/R_0$ , которое достигает максимального значения 10% при 125 К, далее уменьшается до 4% при 100 К и затем вновь возрастает. Намагниченность начинает расти при 220 К, достигает максимального значения при 125 К и затем резко падает. Можно оценить температуру Кюри:  $T_c = 150$  К.



**Рис. 1.** Температурные зависимости сопротивления и магнитосопротивления образца  $\text{La}_{0.95}\text{Ag}_{0.05}\text{MnO}_3$ .  $R_0$  — сопротивление при  $H = 0$ ,  $R_H$  — сопротивление при  $H = 0.6$  Т.

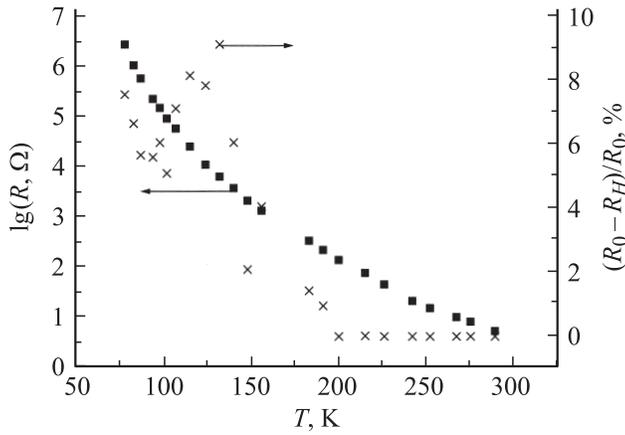


Рис. 2. Температурные зависимости сопротивления и магнитосопротивления образца  $\text{La}_{0.9}\text{Ag}_{0.1}\text{MnO}_3$ .

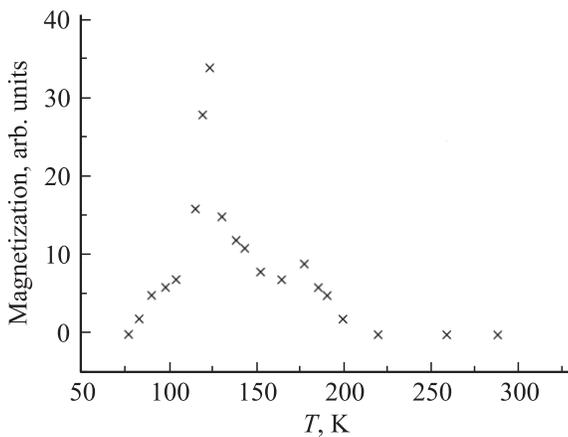


Рис. 3. Температурная зависимость намагниченности образца  $\text{La}_{0.9}\text{Ag}_{0.1}\text{MnO}_3$  в нулевом магнитном поле.

На рис. 4, 5 представлены температурные зависимости сопротивления, магнитосопротивления и намагниченности образца  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.2}\text{MnO}_3$ . При анализе кривой  $\lg R(T)$  видно, что при понижении температуры проявляется плато при 170–150 К и тенденция к достижению максимума при азотной температуре и, возможно, к переходу в металлическое состояние (для образцов с меньшим содержанием серебра никаких особенностей на кривой  $\lg R(T)$  не наблюдалось). Рост магнитосопротивления начинается примерно при 220 К (при этой температуре намагниченность наибольшая), достигает максимального значения 15% при  $T = 160$  К, далее падает до 4% при 130 К и вновь возрастает.

В заключение отметим основные результаты работы. Золь-гельные образцы  $\text{La}_{1-x}\text{Ag}_x\text{MnO}_3$  ( $x = 0.05, 0.1$  и  $0.2$ ) при комнатной температуре — легированные полупроводники с величиной энергии активации 0.4, 0.37 и 0.23 эВ соответственно. Магнитное поле 0.6 Т при этой температуре на проводимость не влияет. При охлаждении до азотной температуры перехода в металлическое состояние не наблюдается, только у образца с

большим содержанием серебра проявляется тенденция к такому переходу при  $T < 77$  К. У всех образцов магнитосопротивление в поле 0.6 Т начинает проявляться при  $T < 200$  К. У образцов с  $x = 0.1$  и  $0.2$  измерена магнитная восприимчивость, что позволило оценить температуру Кюри  $T_c = 150$  и  $220$  К соответственно. Температурная зависимость намагниченности этих образцов не показывает насыщения при низких температурах, здесь наблюдается при  $T < T_c$  другой магнитный фазовый переход. У соединений этого типа часто это переход в состояние спинового стекла. Аналогичный результат для золь-гельных образцов был получен в работе [2]. У образца с малым содержанием серебра ( $x = 0.05$ ) по температурной зависимости магнитосопротивления можно оценить температуру Кюри  $T_c = 120$  К.

Наблюдаемое у всех образцов отрицательное магнитосопротивление и отсутствие перехода в металлическое состояние можно объяснить наличием второй фазы, претерпевающей ПМ-переход и не образующей сплошных проводящих нитей через весь образец в данном температурном интервале 77–300 К.

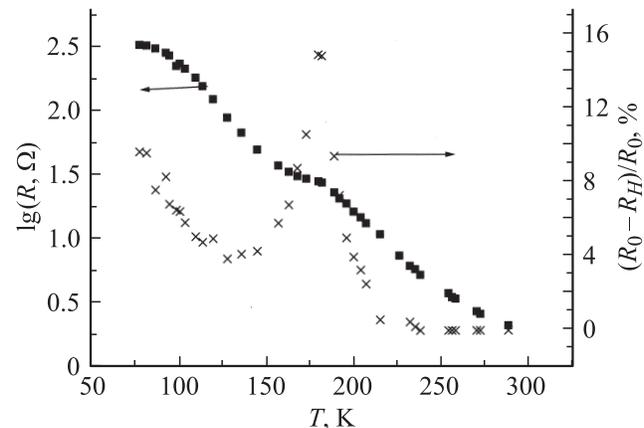


Рис. 4. Температурные зависимости сопротивления и магнитосопротивления образца  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.2}\text{MnO}_3$ .

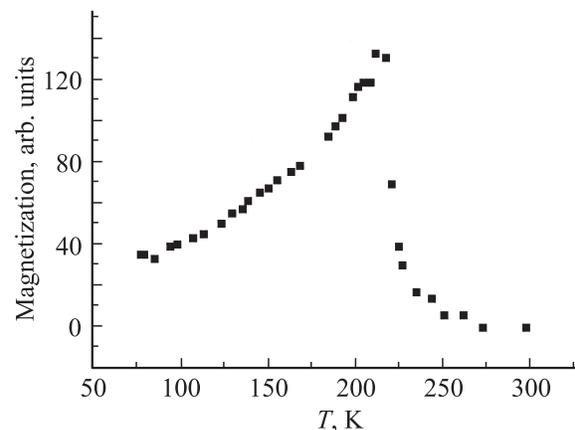


Рис. 5. Температурная зависимость намагниченности образца  $\text{La}_{0.8}\text{Ag}_{0.2}\text{MnO}_3$  в нулевом магнитном поле.

## Список литературы

- [1] T.Tang, K.M. Gu, Q.Q. Cao, D.H. Wang, S.Y. Zhang, Y.W. Du. *J. Magn.Magn.Mater.* **22**, 110 (2000).
- [2] Nguyen The Hien, Nguyen Phu Thuy. *Physica B* **319**, 168 (2002).
- [3] L. Pi, M. Hervieu, A. Maigan, C. Martin, B. Raveau. *Solid State Commun.* 126 229 (2003).