

Природа магнитного фазового перехода в монокристаллическом $\text{LaMnO}_{3+\delta}$

И.К. Галетич, А.В. Еременко, В.А. Пащенко, В.А. Сиренко

*Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины
пр. Ленина, 47, г. Харьков, 61103, Украина
E-mail: galetich@ilt.kharkov.ua*

В.В. Брук

*Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем
ул. Бакулина, 2, г. Харьков, 61103, Украина*

Статья поступила в редакцию 29 февраля 2012 г.

Измерены изотермы полевых зависимостей магнитного момента $M(H)$ при температурах выше и ниже магнитного фазового перехода ($T_c = 125$ К) в монокристаллическом лантановом манганите с избытком кислорода ($\text{LaMnO}_{3+\delta}$). Анализ этих магнитных изотерм с построением графиков Аррота и привлечением критерия Бенерджи показал, что магнитный фазовый переход в этом монокристалле относится к фазовым переходам второго рода.

Виміряно ізотерми польових залежностей магнітного моменту $M(H)$ при температурах вище та нижче магнітного фазового переходу ($T_c = 125$ К) у монокристалічному лантановому манганіті з надлишком кисню ($\text{LaMnO}_{3+\delta}$). Аналіз цих магнітних ізотерм з будуванням графіків Аррота та використанням критерію Бенерджи показав, що магнітний фазовий перехід в цьому монокристалі відноситься до фазових переходів другого роду.

PACS: 75.30.Kz Магнитные фазовые границы (включая классические и квантовые магнитные переходы, метамагнетизм и т.д.);
36.40.Cg Электронные и магнитные свойства кластеров.

Ключевые слова: манганит, магнитный фазовый переход, графики Аррота.

Введение

Магнитные свойства оксидов марганца интересны как с практической, так и с точки зрения фундаментальной физики. Особенно интригует тесная связь в манганитах различного рода упорядочений: орбитального, зарядового и магнитного [1,2]. Наименее изучено характерное для манганитов состояние спинового стекла, которое неоднократно наблюдалось в керамических образцах манганитов различного состава. В работе [3] изучались магнитные свойства монокристаллов лантанового манганита анионизбыточного состава, однако не рассматривался вопрос о природе магнитного фазового перехода из парамагнитного в упорядоченное состояние. Поэтому прежде, чем переходить к изучению самого магнитоупорядоченного состояния, мы остановились на выяснении природы фазового перехода из парамагнитного в магнитоупорядоченное состояние. Для этого, как обычно, проведены измерения полевых зависимо-

стей магнитного момента образца $M(H)$ при фиксированных температурах выше и ниже температуры перехода T_c . Затем строились графики Аррота [4] и привлекался критерий Бенерджи [5].

Методика эксперимента

Измерения полевых зависимостей магнитного момента $M(H)$ проведены на СКВИД-магнитометре MPMS-XL5 (производство Quantum Design) при фиксированных температурах в диапазоне 100–150 К и в магнитных полях до 5 Тл. Поле ориентировалось вдоль c -оси монокристаллического образца. Погрешность ориентации магнитного поля не более одного градуса. Масса монокристаллического образца $m = 1,86$ мг.

Анализ результатов и численные расчеты выполнены с помощью программы, разработанной одним из соавторов.

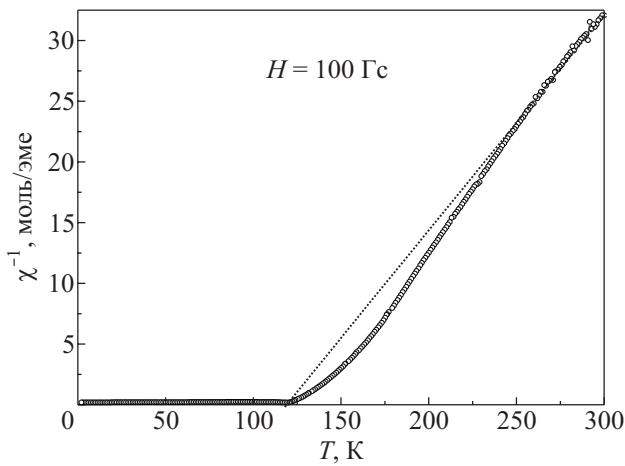


Рис. 1. Температурная зависимость обратной восприимчивости в поле $H = 100$ Гс.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показана температурная зависимость обратной магнитной восприимчивости в слабом магнитном поле $H = 100$ Гс. В высокотемпературной области эта зависимость неплохо описывается формулой $\chi^{-1}(T) = (T - T_c)/C$, где $C = 5,64$, а $T_c = 120$ К. Положительное значение T_c говорит о ферромагнитном взаимодействии, а абсолютное значение T_c дает возможность оценить величину отклонения содержания кислорода от стехиометрического в монокристаллическом образце. В работе [3] исследованы магнитные свойства трех монокристаллических образцов анионизбыточного состава $\text{LaMnO}_{3+\delta}$ с $\delta = 0,01; 0,02; 0,085$, для которых получены $T_c = 144; 177,9; 203,4$ К соответственно. Поскольку в исследованном нами образце $T_c = 120$ К, в нашем случае следует считать $\delta < 0,01$. В работе [3] было показано, что при столь малом параметре δ анионизбыточный лантановый манганит относится к пространственной группе $Pbnm$, имеет структуру

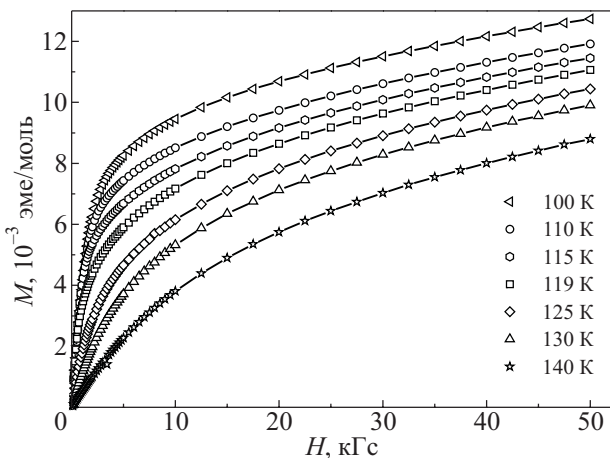


Рис. 2. Изотермические зависимости магнитного момента от напряженности магнитного поля.

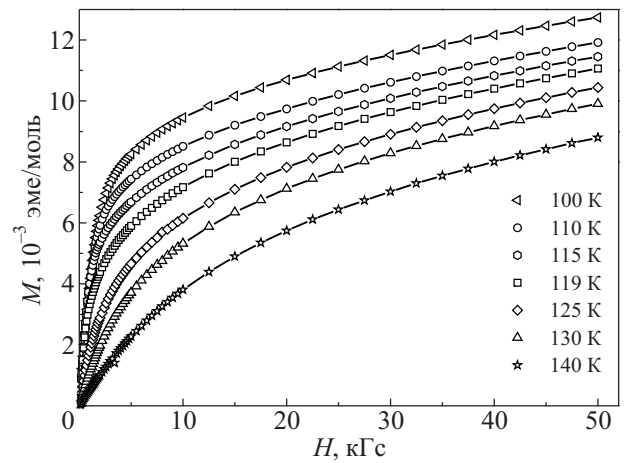


Рис. 3. Графики Аррота: $M^2(H/M)$ при фиксированных температурах.

$O1'$ и параметры элементарной ячейки $a = 5,529$ Å, $b = 5,572$ Å, $c = 7,756$ Å (при комнатной температуре).

Все эксперименты в настоящей работе проведены при ориентации магнитного поля вдоль c -оси ($\mathbf{H} \parallel \mathbf{c}$).

На рис. 2 представлены изотермы полевых зависимостей магнитного момента $M(H)$ образца при фиксированных температурах выше и ниже T_c . На рис. 3 приведены графики Аррота [4] — зависимости $M^2 = f(H/M)$ при фиксированных температурах. Поскольку график Аррота линейно экстраполируется в начало координат при температуре 125 К, следует считать, что эта температура наиболее близка к T_c , хотя и отличается от определенной по температурной зависимости обратной восприимчивости. Производные графиков Аррота по температуре $d(M^2)/d(H/M)$ и эти же производные в логарифмическом масштабе представлены на рис. 4 и 5 соответственно. Видно, что при всех температурах производные положительны, следовательно, в соответствие с критерием Аррота-Бенерджи [5,6], речь идет о фазовом переходе второго рода.

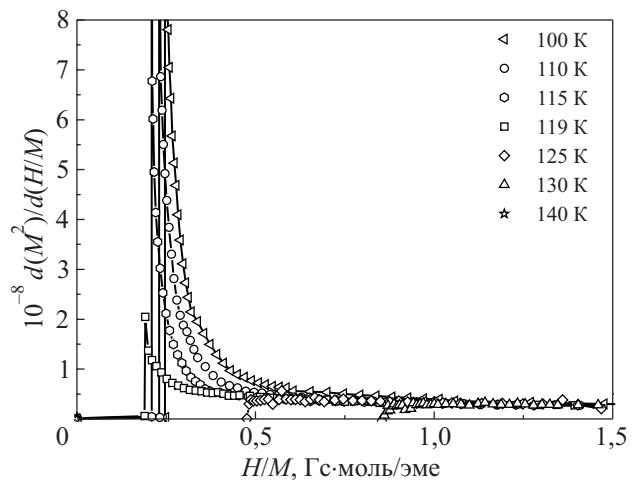


Рис. 4. Производные $d(M^2)/d(H/M)$ в линейном масштабе

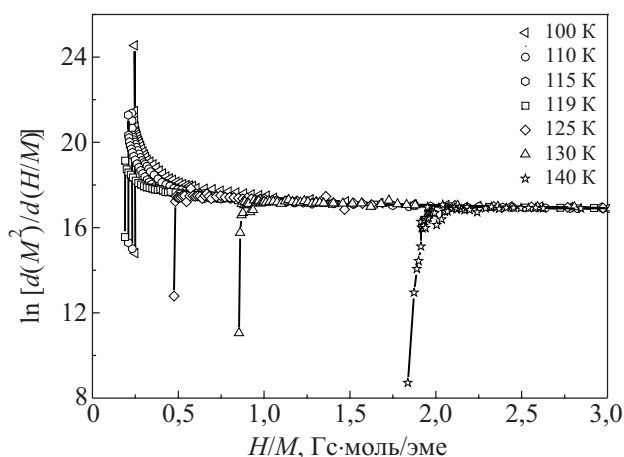


Рис. 5. Производные $d(M^2)/d(H/M)$ в полулогарифмическом масштабе.

Выводы

Измерены изотермы полевых зависимостей магнитного момента $M(H)$ при температурах выше и ниже магнитного фазового перехода в монокристаллическом лантановом манганите с избытком кислорода. Анализ этих магнитных изотерм с построением графиков Аррота и привлечением критерия Бенерджи показал, что магнитный фазовый переход в этом монокристалле относится к фазовым переходам второго рода.

Авторы благодарны В.В. Еременко за интерес к работе и полезные обсуждения и В.П. Гнездилову за предоставленные для исследования монокристаллы.

1. L.P. Gor'kov and V.Z. Kresin, *Phys. Rep.* **400**, 149 (2004).
2. E. Dagotto, *Science* **309**, 257 (2005).
3. С.Н. Барило, В.И. Гатальская, С.В. Ширяев, Г.Л. Бычков, Л.А. Курочкин, С.Н. Устинович, R. Szymczak, M. Baran, B. Krzymanska, *ФТТ* **45**, 139 (2003).
4. A. Arrott and J.E. Noakes, *Phys. Rev. Lett.* **19**, 786 (1967).
5. S.K. Banerjee, *Phys. Lett.* **12**, 16 (1964).
6. A. Arrott, *Phys. Rev.* **108**, 1394 (1957).

Nature of magnetic phase transition in the $\text{LaMnO}_{3+\delta}$ single crystal

I.K. Galetich, A.V. Eremenko, V.A. Pashchenko, V.A. Sirenko, and V.V. Brook

Isotherms of field dependences of magnetic moment $M(H)$ are measured in the lanthanum manganite single crystal with an excess of oxygen ($\text{LaMnO}_{3+\delta}$) at the temperatures above and below the magnetic phase transition ($T_c = 125$ K). Analysis of the magnetic isotherms by constructing the Arrott graphs and taking into account the Benenergy criteria shows that the magnetic phase transition in this single crystal is the second-order phase transition.

PACS: 75.30.Kz Magnetic phase boundaries (including classical and quantum magnetic transitions, metamagnetism, etc.);
36.40.Cg Electronic and magnetic properties of clusters.

Keywords: manganite, magnetic phase transition, Arrott graphs.