

$1/2 \leftrightarrow -1/2$ обусловлена в основном магнитными локальными полями, наводимыми ионами Ho^{3+} , так как квадрупольные сдвиги 2-го порядка в данном случае малы. По известной формуле для локального магнитного поля (например, из [5]) с учетом экспериментальных значений парамагнитных сдвигов можно оценить величину среднего магнитного момента иона Ho^{3+} . Для комнатной температуры в поле 1 Тл оценка дает

$$\langle m \rangle = (0.15 \pm 0.02) \mu_B,$$

где μ_B — магнетон Бора.

Л и т е р а т у р а

- [1] Hammann J., Ocio M. // Acta Cryst. 1977. V. A33. N 6. P. 975—978.
 [2] Berglund B., Tegenfeldt J. // J. Magn. Res. 1978. V. 30. N 3. P. 451—455.
 [3] Burum D. P., Macfarlane R. M., Shelby R. M., Mueller L. // Phys. Lett. 1982. V. 91A. N 9. P. 465—468.
 [4] Воротилова Л. С., Дмитриева Л. В., Касперович В. С. // Ядерный магнитный резонанс. 1988. № 7. С. 59—66.
 [5] Bleaney B., Robinson F. R. S., F. N. H., Wells M. R. // Proc. R. Soc. Lond. 1978. V. A362. P. 179—194.

Институт химии силикатов
 им. И. В. Гребенщикова АН СССР
 Ленинград

Поступило в Редакцию
 15 июня 1988 г.
 В окончательной редакции
 24 октября 1988 г.

УДК 537.312.62

Физика твердого тела, том 31, в. 3, 1989
 Solid State Physics, vol. 31, № 3, 1989

АНОМАЛИИ ТЕРМОЭДС И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛООКСИДНЫХ КЕРАМИКАХ ИТТРИЕВОЙ ГРУППЫ (80—300 К)

В. Н. Моргун, Н. Н. Чеботаев

В работе приведены результаты исследований температурных зависимостей электросопротивления (ЭС) и абсолютной дифференциальной термоэдс (ТЭ) $S = \Delta U / \Delta T$ сверхпроводящих металлооксидных керамик (ВТСП) иттриевой группы $M_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, где $M = \text{Tm}$ (1), Y' (2), Y'' (3), Yb (4) (фаза «один—два—три») в интервале температур 80—300 К. Образцы были приготовлены в одинаковых условиях методом реакций в твердой фазе по стандартной технологии [1, 2]. При этом, однако, образцы несколько отличаются содержанием кислорода, плотностью и параметрами решетки. Образцы практически однофазны и имеют орторомбическую структуру. Электросопротивление измерялось по четырехзондовой схеме с относительной погрешностью $\sim 0.5\%$. ТЭ измерялась относительно меди или свинца [3] с абсолютной погрешностью ≤ 0.05 мкВ/К. Измерения ЭС и ТЭ проводились как в стационарном, так и в квазистационарном режимах в циклах охлаждение—нагрев. Для температурных зависимостей ЭС и ТЭ наблюдается небольшой гистерезис, т. е. несовпадение хода при охлаждении и нагревании образцов. Все образцы имеют металлический характер проводимости в интервале 95—300 К с квазилинейной зависимостью сопротивления от температуры. Удельное сопротивление при 100 К $\rho = (0.3-3) \cdot 10^{-5}$ Ом·м, при 300 К оно увеличивается в 2—3 раза, температура сверхпроводящего перехода $T_c \sim 91 \div 93$ К, ширина перехода $\Delta T_c \sim 1 \div 2$ К.

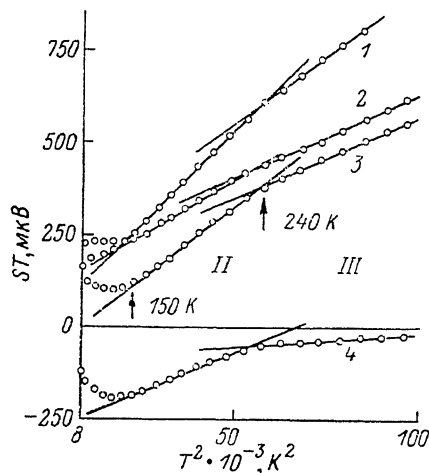
Для ТЭ, так же как и для ЭС, наблюдается СП переход при $T \sim 92$ К с падением эдс СП при $T < 92$ К до «нуля». В области температур 100—300 К ТЭ принимает в зависимости от типа образца (в первую очередь —

Характеристики образцов ВТСП керамики

Номер, тип образца	ρ (100 К) $\cdot 10^8$ Ом·м	I (100—130 К)		II (150—230 К)			III (250—300 К)		
		$C \cdot 10^7$ Ом·м/К	$C \cdot 10^7$ Ом·м/К	$A \cdot 10^3$ мкВ/К	B , мкВ	$C \cdot 10^7$ Ом·м/К	$A \cdot 10^3$ мкВ/К	B , мкВ	
Tm (1)	3.0	1.2	1.02	10.0	35	1.15	7.32	190	
Y' (2)	0.38	0.2	0.18	6.12	100	0.21	4.46	186	
Y'' (3)	2.0	0.95	1.0	7.8	-58	1.12	4.48	134	
Yb (4)	1.2	0.63	0.73	4.1	-258	0.81	0.72	-90	

Примечание. Y', Y'' — образцы с различным содержанием кислорода (путем выдержки при разных температурах).

от степени окисления кислородом) как положительные, так и отрицательные значения [2], а по абсолютной величине составляет 0—3 мкВ/К (см. рисунок). Температурная зависимость ТЭ при $T > 150$ К для всех образцов удовлетворительно описывается выражением $S = AT + BT^{-1}$ в интервалах температур 150—230 (II) и 250—300 К (III), где A и B принимают значения, приведенные в таблице. На всех кривых $ST = f(T^2)$



наблюдаются обнаруженные впервые характерные перегибы при $T \sim 150$ и ~ 240 К. При $T < 150$ К (участок I: — 95—150 К) наблюдается отклонение от указанной выше зависимости. Полученное аналитическое описание ТЭ (и металлический характер проводимости) позволяет четко выделить диффузную часть ТЭ $S_{\text{диф}} = AT$. Природа члена BT^{-1} (составляет 10—50 %) более проблематична. По аналогии с металлами его можно

Термоэдс в координатах $ST = f(T^2)$ металлооксидных керамики $M_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ в интервале 100—300 К для $M = \text{Tm}$ (1), Y' (2), Y'' (3), Yb (4).

пытаться отнести к ТЭ увлечения. При детальном анализе зависимостей $\rho = f(T)$ также выявляются три характерных участка: I) 100—130, II) 150—220, III) 220—300 К. На этих участках ЭС описывается как $\rho \approx \rho_0 + CT$, коэффициент $C = \Delta\rho/\Delta T$ изменяется на участках I—III в пределах 10—15 % (см. таблицу).

Изменение коэффициентов A и C (где A и $C \sim m/n$) с температурой можно связать с изменением концентрации носителей заряда n и изменением эффективной массы m или константы электрон-фононного взаимодействия λ . Изменение n или m (λ) с температурой (в частности, увеличение n с ростом T), следующее из наших измерений, и аномалии ЭС и ТЭ при 150 и 220—240 К коррелируют с результатами измерений по коэффициенту Холла на монокристаллах [4] и аномалиями температурных зависимостей скорости звука [5]. Особенности ТЭ и ЭС при $T \sim 220$ —240 К, где резко изменяется коэффициент A и слабее C , могут быть связаны с существованием неструктурных электронных фазовых переходов при этих температурах (типа перераспределения кислородных вакансий и перестройки электронного спектра). Согласно [6, 7], здесь имеет место структурная неустойчивость решетки (деформационные аномалии). В работе [8], в которой наблюдалось повышение T_c до 150 К при циклировании образцов от 238 К, температура 240 К ассоциируется с фазовым электронным переходом от двумерных к одномерным структурам. Согласно

литературе, при рассматриваемых температурах происходит упорядочение кислорода в решетке (с которым, как известно, и связывается наличие СП), частичный переход его из заряженного в нейтральное состояние и возможны ориентационные повороты соседних кислородных октаэдров [9]. Таким образом, обнаруженные аномалии ТЭ и ЭС при $T \sim 240$ и 150 К, возможно, непосредственно связаны с природой сверхпроводимости ВТСП. Аномалии ТЭ и ЭС могут быть следствием наличия на уровне Ферми ванхововской особенности [6, 10], что приводит для двумерного электронного спектра к увеличению плотности состояний носителей заряда, появлению мягкой фононной моды и неустойчивости решетки типа пайерловской. Это также, согласно [10], должно приводить к высоким T_c и когерентным комбинациям СП, антиферромагнетизма и волны зарядовой (спиновой) плотности. Т. е. в ВТСП может иметь место фазовый переход $2^{1/2}$ рода и образоваться сверхрешетка, предшествующие СП. Для более конкретной и однозначной интерпретации найденных эффектов необходимы дальнейшие исследования.¹

Авторы признательны Л. А. Коток (НПО «Монокристаллреактив», Харьков) за предоставление образцов, И. О. Кулику, А. И. Копелиовичу, М. А. Оболенскому за полезные обсуждения результатов работы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Wu M. K., Ashburn I. R., Torug C. I. et al. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. N 9. P. 908—910.
- [2] Gottwick V., Held R., Span G. et al. // Europhysics Lett. 1987. V. 4 (10). P. 1183—1188.
- [3] Исаев А. В., Моргунов В. Н., Чеботаев Н. Н. // Тез. докл. III Всес. совещ. по низкотемпературным теплофизическим измерениям и их метрологическому обеспечению. М., 1982. С. 89—90.
- [4] Горлова И. Т., Зыбцев С. Т., Латышев Ю. И. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. № 2. С. 100—103.
- [5] Кобелев Л. Я., Нугаева Л. Л. и др. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 4. С. 1229—1230.
- [6] Суслов И. М. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. № 10. С. 402—405.
- [7] Бисаргин О. В., Рудницкий Л. А., Мощалков В. В. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 3. С. 877—879.
- [8] Bhargava R. N., Herko S. P., Osborne W. N. et al. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 59. N 13. P. 1468—1471.
- [9] Козлов А. Н., Максимов Л. А., Пушкарев В. В. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 4. С. 1240—1241.
- [10] Дзялошинский И. Е. // ЖЭТФ. 1987. Т. 93. № 4 (10). С. 1487—1498.

Харьковский
государственный университет
им. А. М. Горького
Харьков

Поступило в Редакцию
8 июля 1988 г.
В окончательной редакции
24 октября 1988 г.

УДК 621.319.2

Физика твердого тела, том 31, в. 3, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 3, 1989

РЕЛАКСАЦИЯ ЭЛЕКТРЕТНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛЯРНОГО ВЕЩЕСТВА

С. Н. Федосов

При рассмотрении релаксации электретного состояния на основе феноменологической теории электретов Гросса—Сванна—Губкина [1—4] постулируется, что внутренняя поляризация P (гетерозаряд) экспонен-

¹ В последнее время авторы обнаружили, что изменение концентрации кислорода влияет на наличие аномалии при 240 К (и СП перехода при 90 К).