

05.2;05.4

©1994

ПОПЕРЕЧНЫЙ ЭФФЕКТ НЕРНСТА–ЭТТИНГСГАУЗЕНА В ВТСП СИСТЕМЫ Y–Ba–Cu–O В НОРМАЛЬНОЙ ФАЗЕ

Н.В.Агеев, В.Э.Гасумянц, В.И.Кайданов

Несмотря на большое количество проведенных к настоящему времени исследований, вопрос о структуре зонного спектра $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ в нормальной фазе остается открытым. Во многом это связано с отсутствием комплексного подхода в проведении исследований. Такие эксперименты позволили бы более широко и систематизированно осветить реальное положение дел, не выхватывая отдельные детали, а давая полную картину, что дало бы возможность построить модель зонной структуры, объясняющую не отдельные частные случаи, а всю совокупность экспериментально наблюдаемых свойств.

Одним из наиболее простых и информативных методов изучения особенностей строения зонного спектра является комплексное экспериментальное исследование электронных явлений переноса.

Учитывая эти соображения, нами ранее был проведен подробный теоретический анализ поведения кинетических коэффициентов в нормальной фазе в рамках модели узкой проводящей зоны [1]. Эта модель позволила количественно описать температурные зависимости удельного сопротивления ρ , коэффициентов термоэдс S и Холла R_H , а также рассчитать модельные параметры, характеризующие свойства системы носителей заряда — ширину зоны, степень ее заполнения электронами, долю локализованных состояний — для образцов системы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ различного состава. Продолжая эти исследования, представлялось полезным и важным получить экспериментальные данные по поперечному эффекту Нернста–Эттингсгаузена (ПЭНЭ) в нормальной фазе и провести их совместный анализ с другими кинетическими коэффициентами, измеренными на одних и тех же образцах. При этом необходимо отметить, что в литературе имеются данные по поведению коэффициента Нернста–Эттингсгаузена (Q) в смешанном состоянии (см., например, [2–3]), в то время как сведения о значении Q и его температурной зависимости в нормальной фазе полностью отсутствуют.

$Q/(k_0/e), \text{cm}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$

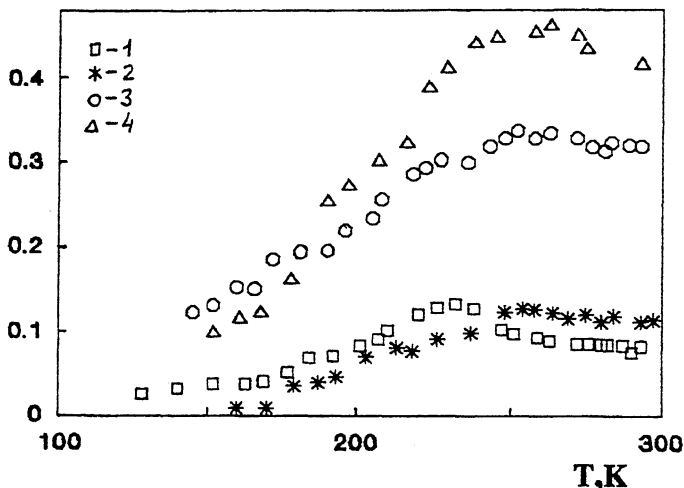


Рис. 1. Температурные зависимости коэффициента Нернста-Эттингсгаузена в $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Co}_x\text{O}_y$.

Содержание кобальта x : 1 — 0.07, 2 — 0.15, 3 — 0.25, 4 — 0.30.

Для измерений была выбрана серия однофазных керамических образцов состава $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Co}_x\text{O}_y$ ($x = 0.0-0.3$). Для всех образцов были получены зависимости $\rho(T)$, $S(T)$, $R_H(T)$. Поведение этих коэффициентов соответствовало описанному в литературе [4]. Ход температурных зависимостей коэффициента ПЭНЭ был определен для образцов с $x \geq 0.07$. При меньшем содержании Co удалось измерить только значения Q при $T = 300$ К. Это связано с очень малым сигналом ПЭНЭ в слабелегированных образцах и трудностями в его измерении в динамическом температурном режиме. Для образца с $x = 0$ сигнал ПЭНЭ при $T = 300$ К в пределах точности измерений ($Q/(k_0/e) = 10^{-3} \text{cm}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$) обнаружить не удалось.

Зависимости $Q(T)$ представлены на рис. 1, а значения $Q(300 \text{ К})$ при различной степени легирования — на рис. 2. Отметим, что эти значения для образцов с близким к стехиометрии составу на два порядка меньше по величине, чем значения Q , полученные в [2-3] для области смешанного состояния. Коэффициент ПЭНЭ положителен для всех образцов, при этом наблюдается практически линейный рост величины $Q(300 \text{ К})$ с увеличением содержания Co. С ростом температуры для всех образцов, на которых удалось провести температурные измерения, значения Q возрастают. С

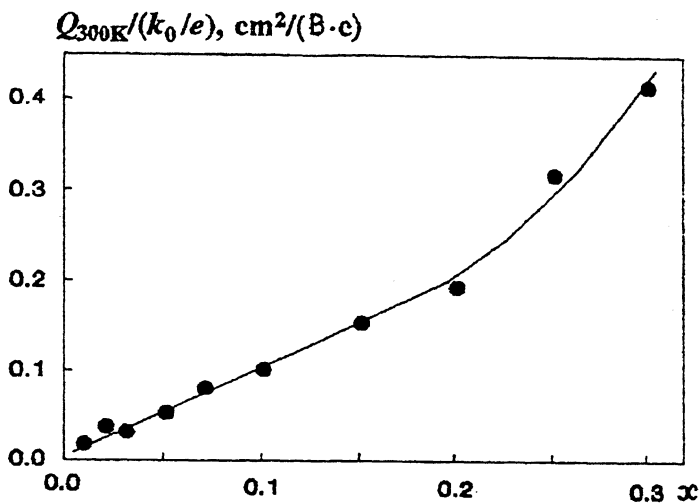


Рис. 2. Зависимость коэффициента Нернста-Эттингсгаузена при $T = 300$ К от содержания кобальта в $YBa_2Cu_{3-x}Co_xO_y$.

увеличением степени легирования этот рост усиливается, т.е. образцы с большим содержанием Со демонстрировали более сильную температурную зависимость Q . В районе $T \approx 250$ К зависимости $Q(T)$ имеют небольшой плавный максимум.

Полученные результаты анализировались в рамках подробно описанной в [1] модели зонного спектра, предполагающей наличие резкого максимума функции плотности состояний в районе уровня Ферми. Используя аналитические выражения для кинетических коэффициентов, полученные в [1], мы определили по зависимостям $S(T)$ значения модельных параметров. Их концентрационные зависимости для исследованной серии образцов типичны для случая неизовалентных катионных замещений в $YBa_2Cu_3O_y$ — ширина проводящей зоны и степень ее заполнения электронами увеличиваются с ростом содержания кобальта, а доля делокализованных состояний падает.

Полученные значения параметров зонного спектра мы в дальнейшем использовали для описания зависимостей $Q(T)$. Для этого коэффициента также удалось добиться хорошего согласия теоретических и экспериментальных кривых. Кроме того, включение в рассмотрение новых экспериментальных данных, полученных в данной работе, позволило получить дополнительную информацию о системе носителей заряда, в частности, определить их подвижность, проследить

динамику ее изменения при увеличении степени легирования и сделать выводы о характере энергетической зависимости времени релаксации. Расчеты показали, что подвижность носителей заряда вблизи уровня Ферми составляет величину $0.9-1.1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и очень слабо меняется с увеличением содержания Со. Величина времени релаксации τ увеличивается с ростом энергии делокализованных носителей заряда в зоне.

Кроме того, учитывая способ аппроксимации функций дифференциальной и холловской проводимости [1], значения которых зависят от τ и τ^2 соответственно, а также обнаруженные тенденции в изменении параметров зонного спектра, можно сделать вывод, что энергетическая зависимость времени релаксации с ростом содержания примеси становится более слабой.

Таким образом, нам впервые удалось получить температурную и концентрационную зависимости коэффициента Нернста-Эттингсгаузена в нормальной фазе в ВТСП системы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$. Экспериментальные данные качественно и количественно объясняются в рамках модели узкой зоны, причем нам удалось одновременно, т.е. с одинаковыми значениями основных модельных параметров, описать всю совокупность экспериментальных данных по температурно-концентрационным зависимостям четырех кинетических коэффициентов. Этот результат является еще одним аргументом в пользу существования в системе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ узкого пика плотности состояний вблизи уровня Ферми и правомерности использования модели узкой зоны для изучения особенностей строения зонного спектра в иттриевых ВТСП.

Список литературы

- [1] Гасумянц В.Э., Казьмин С.А., Кайданов В.И., Смирнов В.И. Байков Ю.М., Степанов Ю.П. // СФХТ. 1991. Т. 4. В. 7. С. 1280-1299.
- [2] Huebener R.P., Kober F., Ri H.-C., Knorr K., Tsuei C.C., Chi C.C., Scheuermann M.K. // Physica C. 1991. V. 181. N 4/6. P. 345-354.
- [3] Qüssena M., Gagnon R., Wang Y., Aubin M. // Phys. Rev. B. 1992. V. 46. N 1. P. 528-531.
- [4] Владимирская Е.В., Гасумянц В.Э. // ФТТ. 1994. Т. 36. В. 4. С. 1002-1012.

Санкт-Петербургский государственный
технический университет

Поступило в Редакцию
3 августа 1994 г.