

УДК 538.945

О.А.Мартынова (5 курс, каф. ФППиНЭ), Д.В.Потапов (6 курс, каф. ФППиНЭ),
 М.В.Елизарова, к.ф.-м.н., доц., В.Э.Гасумянц, д.ф.-м.н., проф.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ОДНОВРЕМЕННЫХ ДВОЙНЫХ ЗАМЕЩЕНИЙ Ca→Y,
 Zn→Cu НА ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА И СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В YBa₂Cu₃O_y

ABSTRACT: The temperature dependences of the resistivity and thermopower for ceramics samples of the Y_{1-x}Ca_xBa₂Cu_{3-x}Zn_xO_y composition with different oxygen content have been measured. The critical temperature was observed to change in a different extent depending on the doping level. Peculiarities of the thermopower modification under influence of the dopants studied were revealed and discussed. Their qualitative analysis showed that zinc influences the normal-state parameters in Y-based HTSC, that compensates the influence of calcium.

Исследования проводились на однофазных керамических образцах состава Y_{1-x}Ca_xBa₂Cu_{3-x}Zn_xO_y (x=0.0÷0.25) при различном состоянии кислородной подсистемы. Образцы были изготовлены стандартным методом твердофазного синтеза. Для изменения содержания кислорода образцы стартовой серии с содержанием кислорода, близким к стехиометрическому, отжигались в вакууме при 460°C и 470°C, что приводило к уменьшению значения кислородного индекса в серии образцов в целом.

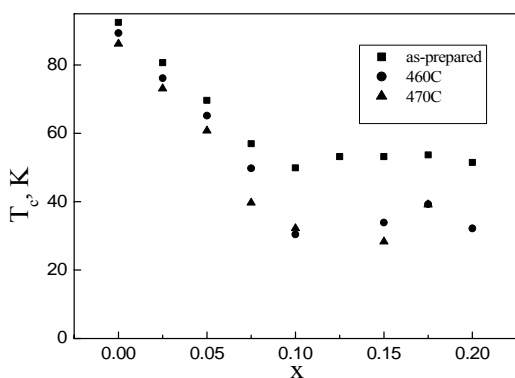


Рис. 1

Для всех исследованных образцов измерены температурные зависимости удельного сопротивления, $\rho(T)$, и коэффициента термоэдс, $S(T)$, в диапазоне температур $T=T_c \div 300\text{K}$. Кривые $\rho(T)$ стартовой серии имеют металлический вид, после отжига вид зависимостей становится полупроводниковым. Зависимость критической температуры, T_c от содержания примесей приведена на рис. 1. Для исходной серии T_c линейно уменьшается при $x=0.0 \div 0.1$, причем подавление сверхпроводящих свойств происходит быстрее, чем в случаях одиночного легирования как кальцием, так и цинком [1,2]. В данном случае происходит суммирование

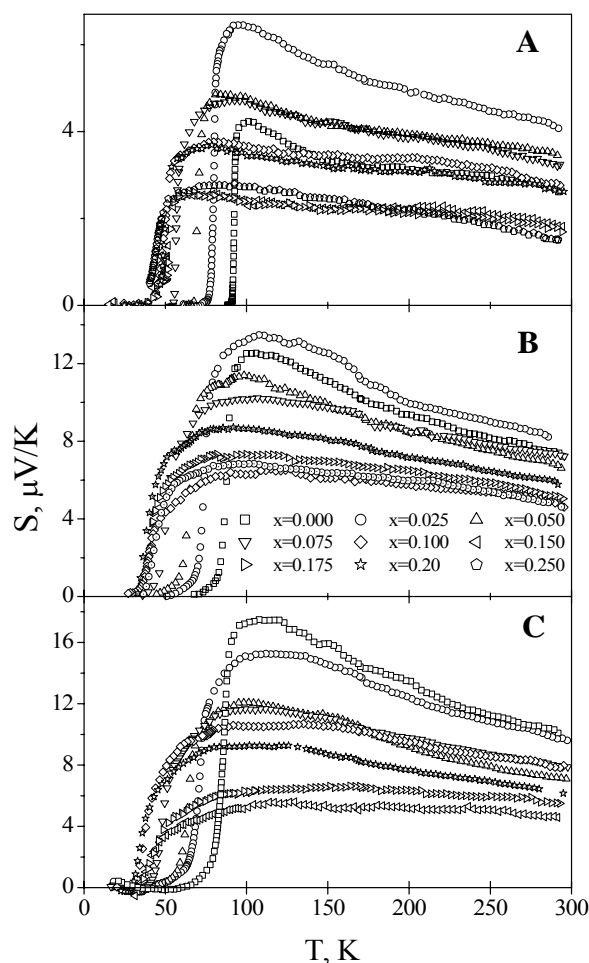


Рис. 2. Температурные зависимости коэффициента термоэдс. А – стартовая серия, В – после отжига при $T=460^\circ\text{C}$, С – после отжига при $T=470^\circ\text{C}$

двух различных механизмов подавления сверхпроводимости. Введение цинка в позиции меди в плоскостях CuO_2 , непосредственно ответственных за сверхпроводящие свойства, приводит к падению T_c за счет разрушения электронных пар, а неизовалентное замещение кальцием иттрия воздействует на сверхпроводящие свойства опосредованно, через изменение состояния подсистемы цепочечного кислорода. При этом преобладающим является первый механизм. Однако при уровне легирования $x > 0.1$ наблюдается сильное улучшение сверхпроводящих свойств в сравнении с одиночным замещением цинком, значение T_c в этом диапазоне легирования изменяется крайне незначительно. Такое поведение критической температуры представляет большой интерес, и механизм ее восстановления требует дополнительных исследований. Отжиг не меняет характер зависимости $T_c(x)$, но вызывает более сильное падение значения критической температуры для образцов с высоким уровнем легирования ($x > 0.075$).

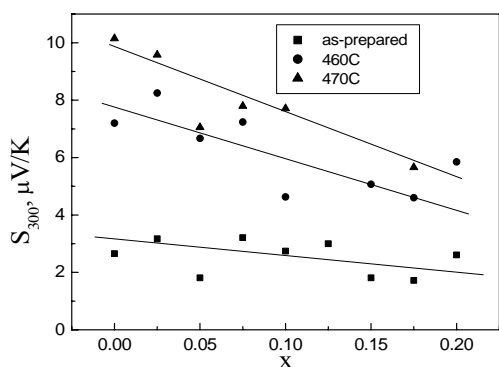


Рис. 3

Температурные зависимости коэффициента термоэдс для всех исследованных образцов приведены на рис. 2, а зависимость значения коэффициента термоэдс при $T=300\text{K}$, S_{300} , от уровня легирования – на рис. 3. В исходной серии образцов значения S_{300} лежат в диапазоне от 1.5 до 3.5 мкВ/К. Отжиг в вакууме приводит к росту значений S_{300} за счет уменьшения содержания кислорода в образцах – после отжига при 460°C значения S_{300} лежат в диапазоне $4.5 \div 8.5$ мкВ/К, второй отжиг расширяет этот диапазон до $5.5 \div 10$ мкВ/К. При этом увеличение уровня

легирования приводит, в целом, к уменьшению значения S_{300} , причем с уменьшением содержания кислорода (ростом температуры отжига) это падение становится более сильным (см. рис. 3). На вид зависимости $S(T)$ примеси оказывают большее воздействие – на фоне слабо изменяющегося значения S_{300} с ростом x наблюдается уменьшение величины максимума на зависимости $S(T)$, ее наклон последовательно уменьшается, и для образцов с высоким уровнем легирования коэффициент термоэдс становится практически температурно-независимым. Необходимо отметить, что для всех исследованных ранее легированных кальцием образцов иттриевой системы характерен последовательный рост наклона зависимостей $S(T)$ с ростом содержания кальция [1], который в исследованном соединении не наблюдается. Таким образом, в отличие от сверхпроводящих свойств, воздействие кальция, с одной стороны, и цинка, с другой, на вид зависимостей $S(T)$ компенсируют друг друга. Следовательно, введение цинка, помимо сильного подавления сверхпроводящих свойств, оказывает воздействие и на структуру зонного спектра в нормальном состоянии, причем качественный анализ трансформации вида зависимостей $S(T)$ с ростом x показывает, что это воздействие перекомпенсирует влияние примеси кальция.

Полученные результаты были проанализированы в рамках феноменологической модели узкой зоны [3]. Были определены параметры зонного спектра в нормальной фазе и проанализирована их динамика в сопоставлении с изменением сверхпроводящих свойств. Проведенный анализ позволил сделать выводы о характере и механизмах модификации проводящей зоны в соединении $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_y$.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 02-02-16841-а) и Министерства образования РФ (грант E02-3.4-120).

ЛИТЕРАТУРА:

1. V.E.Gasumyants. In: Advances in Condensed Matter and Materials Research, Vol.1, ed. F.Gerard. Nova Science Publishers, New York, 2001, p.135.

2. S.Zagoulaev, P.Monod, J.Jegoudez. Phys. Rev. B, 52 (1995), p.10474.
3. V.E.Gasumyants, V.I.Kaidanov, E.V.Vladimirskaya. Physica C, 248 (1995), p.255.