

УДК 538.945

М.В.Балинт (6 курс, каф. ФПНЭ), В.Э.Гасумянц, д.ф.м.н., проф.

СВОЙСТВА СИСТЕМЫ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В НОРМАЛЬНОЙ ФАЗЕ И СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В СИСТЕМЕ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{M}_x\text{Cu}_2\text{O}_y$ ($\text{M}=\text{Y}, \text{Nd}, \text{Pr}$)

ABSTRACT: We present a comparative analysis of the effect of different rare-earth impurities substituting for Ca in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{M}_x\text{Cu}_2\text{O}_y$ on the normal state and superconducting properties of that compound. Praseodymium was found to have the strongest effect on the superconductivity suppression as well as on the transformation of the resistivity temperature dependence. However, for all the studied impurities we have observed a correlation between the effective width of the conduction band and critical temperature value.

Однофазные керамические образцы состава $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{M}_x\text{Cu}_2\text{O}_y$ ($\text{M}=\text{Y}, \text{Nd}, \text{Pr}$) в диапазоне концентраций $x=0-0.5$ были получены стандартным методом твердофазного синтеза. На всех образцах были измерены температурные зависимости удельного сопротивления, $\rho(T)$, и коэффициента термоэдс, $S(T)$, в диапазоне $T=T_c-300\text{K}$. Введение в решетку редкоземельных элементов приводит к подавлению сверхпроводящих свойств соединения Bi-2212, однако исследованные примеси отличаются по степени этого влияния – при $x=0.5$ T_c составляет 42.2, 31.5 и 18.3K для Nd, Y и Pr, соответственно. При этом в случае легирования празеодимом при концентрации $x>0.3$ наблюдается переход к полупроводниковой зависимости $\rho(T)$ в области низких температур. Температурные зависимости коэффициента термоэдс для слаболегированных образцов демонстрируют типичный для ВТСП висмутовой системы линейный рост при уменьшении температуры [1]. При больших концентрациях примесей зависимости $S(T)$ сглаживаются, и на них появляется характерный максимум при температуре $T=120-160\text{K}$ в зависимости от состава образцов, что делает их качественно аналогичными кривым, характерным для легированных образцов иттриевых ВТСП [1].

Для анализа полученных результатов была использована модель узкой зоны, развитая ранее для описания электронных явлений переноса в ВТСП-материалах [2]. На основе количественного анализа экспериментальных зависимостей $S(T)$ для всех были определены значения основных параметров зонного спектра и системы носителей заряда: эффективная ширина проводящей зоны, W_D , степень ее заполнения электронами, F , степень локализации носителей заряда, C , и степени асимметрии зоны, b . Согласно проведенным расчетам, степень заполнения зоны увеличивается с ростом содержания примесей, что объясняется соотношением валентностей замещаемого и замещающего элементов. Увеличение значения x приводит одновременно к последовательному расширению проводящей зоны (увеличение W_D), сопровождающемуся ростом степени локализации состояний на ее краях (уменьшение C). Это позволяет сделать вывод, что основной причиной трансформации зонного спектра соединения Bi-2212 при неизоэлектронном легировании является механизм андерсоновской локализации состояний, вызванной разупорядочением, вносимым примесью в решетку. Особенно сильное увеличение значения W_D и уменьшение C наблюдается в случае $\text{M}=\text{Pr}$, как и при введении этой примеси в ВТСП иттриевой системы [3], дополнительной гибридизацией состояний празеодима и зонных состояний.

Для всех исследованных примесей наблюдается корреляция между значениями эффективной ширины проводящей зоны и критической температуры. Это позволяет утверждать, что именно модификация зонного спектра в нормальном состоянии приводит к подавлению сверхпроводящих свойств легированного $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$, вызванному уменьшением значения плотности состояний на уровне Ферми.

ЛИТЕРАТУРА:

1. A.B.Kaiser, C.Ucher. In: Studies of High Temperature Superconductors, vol.7, ed. by A.V.Narlikar (Nova Science, New York, 1991), p.353-392.
2. V.E.Gasumyants, V.I.Kaidanov, E.V.Vladimirskaya. Physica C, v.248 (1995), p.255.
3. V.E.Gasumyants, M.V.Elizarova, R.Suryanarayanan. Phys. Rev. B, v.61 (2000), p.12404.