

## АНИЗОТРОПИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА В МОНОКРИСТАЛЛЕ $\text{Bi} - \text{Sr} - \text{Ca} - \text{Cu} - \text{O}$

*В.Л.Арбузов, О.М.Бакунин, А.Э.Давлетшин, С.М.Клоцман,  
М.Б.Космына, А.Б.Левин, В.П.Семиноженко*

Проведены измерения электросопротивления и магнитной восприимчивости монокристалла  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ . Обнаружена анизотропия температуры сверхпроводящего перехода относительно оси  $c$  кристалла.

Новые высокотемпературные сверхпроводниковые материалы, содержащие висмут<sup>1</sup>, отличаются от известной системы не только величиной температуры перехода в сверхпроводящее состояние ( $T_c$ ), но и тем, что высокотемпературная сверхпроводимость сохраняется при изменении состава в широких пределах.

В этой работе были проведены измерения электросопротивления и магнитной восприимчивости в монокристалле  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$  относительно оси  $c$ .

Монокристалл  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$  был получен из раствора-расплава с использованием в качестве растворителя окиси меди. Температурный интервал кристаллизации составлял 1070 – 1270 К, скорость охлаждения расплава 5 К/ч. Образец размером  $6 \times 8 \times 0,9 \text{ мм}^3$  был получен в виде пластинки неправильной формы. Далее образец отжигался на воздухе при 1150 К в течение 30 ч.

Измерения магнитной восприимчивости проводились в магнитном переменном поле  $H \sim 8 \text{ А/м}$  на частоте 77,7 кГц с помощью накладного датчика, состоящего из намагничивающей и измерительной катушек диаметрами 5 и 3 мм соответственно. Напряжение, наводимое в измерительной катушке образцом, компенсировалось по двум компонентам при 85 К. В этом случае изменение сигнала происходило лишь при изменении магнитной восприимчивости образца ( $\Delta U \sim \Delta \chi$ ). Измерения проводились в магнитном поле, направленном параллельно и перпендикулярно оси  $c$  кристалла. В первом случае датчик прикладывали к плоскости образца, а во втором случае – к его боковой грани.

Электросопротивление измерялось на постоянном токе четырехконтактным методом с использованием контактов, нанесенных на поверхность образца серебряной пастой. Контакты располагались аналогично<sup>2</sup>: попарно в плоскости  $a - b$  с двух сторон монокристалла, что позволяло измерять электросопротивление образца параллельно и перпендикулярно оси  $c$  кристалла, используя одни и те же контакты.

На рис. 1 представлены температурные зависимости относительного изменения магнитной восприимчивости ( $\frac{\Delta \chi}{\Delta \chi_{85}} = \frac{\chi_{4,2} - \chi}{\chi_{4,2} - \chi_{85}}$ ), измеренной при  $H \parallel c$  и  $H \perp c$ . Как видно из рисунка, в магнитном поле, параллельном оси  $c$  при понижении температуры от 80 К наблюдается резкое изменение магнитной восприимчивости, причем с 70 К изменения замедляются и "хвост" тянется до 25 К.  $T_c$ , определенная по положению точки, в которой магнитная восприимчивость изменилась вдвое, равна  $74 \pm 3 \text{ К}$ . Ширина перехода, определенная по интервалу изменения 0,9 – 0,1, равна 27 К.

В случае магнитного поля перпендикулярного оси  $c$ , изменения магнитной восприимчивости начинаются с 40 К, при этом  $T_c = 26 \pm 5 \text{ К}$ , а ширина перехода 15 К.

На рис. 2 представлены температурные зависимости относительного изменения электросопротивления ( $\frac{\Delta R}{\Delta R_{85}} = \frac{R - R_{4,2}}{R_{85} - R_{4,2}}$ ) при направлении электрического тока  $I$  параллельно и перпендикулярно оси  $c$ . В случае  $I \perp c$  до 80 К наблюдался металлический характер температурной зависимости  $\Delta R / \Delta R_{85}$ , а начиная с 80 К наблюдался аналогичный, как

и в случае изменения магнитной восприимчивости при  $H \parallel c$ , переход с  $T_c \approx 76 \pm 3$  К и шириной 26 К.

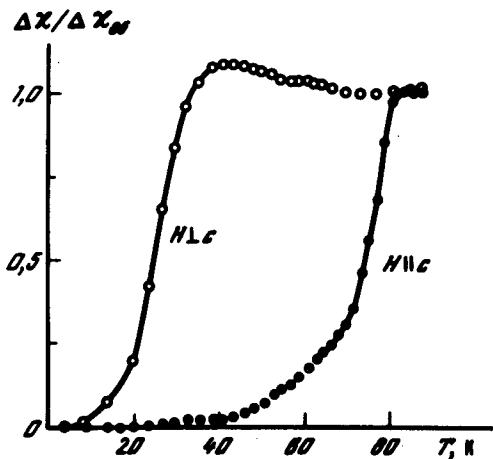


Рис. 1. Температурные зависимости относительного изменения магнитной восприимчивости при  $H \parallel c$  и  $H \perp c$

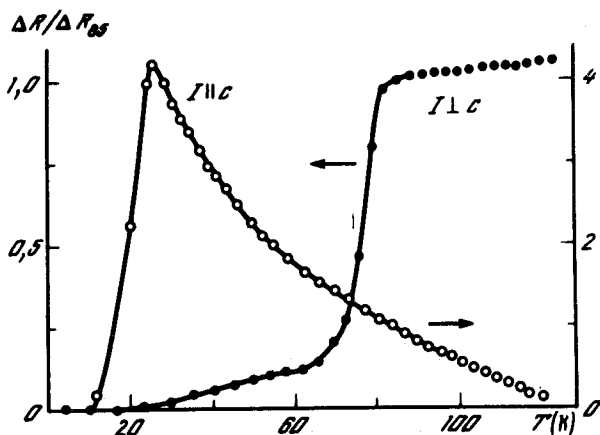


Рис. 2. Температурные зависимости относительного изменения электропроводности при  $I \parallel c$  и  $I \perp c$

В случае  $I \parallel c$  до 26 К изменение электропроводности носило полупроводниковый характер, а начиная с 26 К наблюдался резкий спад электропроводности, который даже при 4,2 К не закончился. Ориентировочно  $T_c \sim 16$  К.

Аналогичный характер температурных зависимостей электропроводности  $\parallel$  и  $\perp$  оси  $c$  до температуры сверхпроводящего перехода наблюдался в работе <sup>2</sup> и объяснялся наличием разделенных металлических слоев. Данные работы <sup>3</sup> также свидетельствуют об анизотропии проводимости в сверхпроводниках типа  $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ .

Таким образом, из данной работы следует наличие температуры сверхпроводящего перехода параллельно и перпендикулярно оси  $c$  в монокристалле  $Bi_2Sr_{3-x}Ca_xCu_2O_{8+y}$ .

Авторы благодарят С.В.Вонсовского за внимание и интерес к работе.

#### Литература

1. Hiroshi Maeda et al. Jap. J. Appl. Phys., 1988, 27, L209.
2. Murata K., Hayashi K., Honda Y. et al. Jap. J. Appl. Phys., 1987, 26, L 1941.
3. Laurent Ch., Vanderschueren H.W., Tarte P. et al. Appl. Phys. Lett., 1988, 52, 1179.

Институт физики металлов  
Уральское отделение  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
23 августа 1988 г.