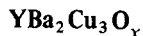


ОБЪЕМНЫЙ ХАРАКТЕР СВЕРХПРОВОДИМОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ



*Г.А.Емельченко, М.В.Карцовник, П.А.Кононович,
В.А.Ларкин, Ю.А.Осипьян, В.В.Рязанов, И.Ф.Щеголев*

Резистивные и магнитные измерения проведены на монокристаллах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, выращенных из расплава и демонстрирующих сверхпроводящий переход в районе 80 – 90 К. Исследование эффекта Мейсснера свидетельствует об объемном характере сверхпроводимости.

Ответы на многие вопросы, касающиеся природы и механизма сверхпроводимости новых высокотемпературных сверхпроводников типа $\text{Y} - \text{Ba} - \text{Cu} - \text{O}$ или $\text{La} - \text{Ba} - \text{Cu} - \text{O}$ невозможно получить без исследования монокристаллов. В частности, это относится к вопросу о том, является ли сверхпроводимость этих соединений объемной или, как это утверждается, например, в ¹ связана с поверхностями раздела между кристаллитами в поликристаллических образцах.

В данной работе приведены результаты измерений эффекта Мейсснера на синтезированных нами монокристаллах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, демонстрирующих резистивный сверхпроводящий переход с T_c в районе 90 К шириной 2 – 5 К. Монокристаллы были выращены из нестехиометрического расплава смеси окислов Y_2O_3 , BaO и CuO путем медленного охлаждения на воздухе. Кри-

галты представляют собой пластины черного цвета, прямоугольной формы с зеркальными границами, размером до 2 мм в поперечнике и толщиной 30 — 50 мкм.

Рентгенографическое исследование кристаллов (по рентгенограммам вращения и вайссенбергограммам) показало, что они являются монокристаллами фазы $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, обнаруженной ранее в сверхпроводящих керамических образцах ², и имеют ромбическую (псевдотетрагональную) решетку с параметрами $a \approx b = 3,85 \text{ \AA}$, $c = 11,68 \text{ \AA}$. Количественное содержание иттрия, бария и меди в монокристаллах по данным элементного рентгеноспектрального анализа также оказалось в соотношении 1 : 2 : 3. Следует отметить, что все исследованные рентгенографически кристаллы характеризуются наличием двойников.

Резистивные свойства монокристаллов изучались стандартным четырехконтактным способом на постоянном токе с использованием подклеенных графитовой пастой платиновых проволочек диаметром 10 мкм. Сопротивление контактов не удалось сделать ниже $\approx 100 \text{ Ом}$, по-видимому, из-за следов диэлектрической пленки на поверхности образцов. Величина удельного сопротивления при 300 К в произвольном направлении плоскости ab составляет 400 — 600 мкОм · см.

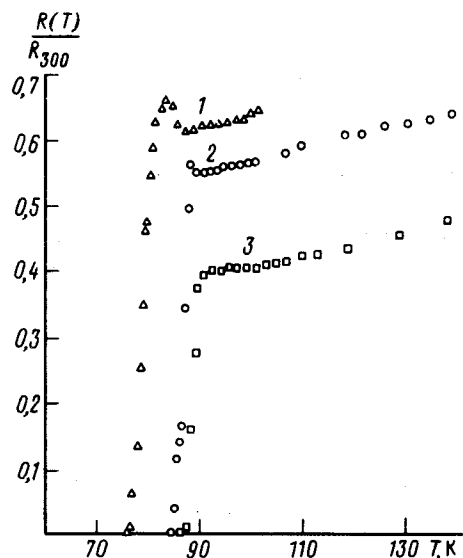


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления трех монокристаллов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ в области сверхпроводящего перехода

Температурные зависимости сопротивления, нормированного на 300 К, в области сверхпроводящего перехода представлены на рис. 1. Температуры начала перехода T_H , для образцов 1, 2, 3 равны 83, 88, 90 К, соответственно. Критерием качества монокристаллов может служить отношение R_{300}/R_{T_H} , характеризующее температурное падение сопротивления к моменту начала сверхпроводящего перехода. Из рис. 1 видно, что с ростом R_{300}/R_{T_H} начало перехода сдвигается к более высоким температурам, а сам переход становится более узким. Для образца 3 с $R_{300}/R_{T_H} = 2,5$ T_H достигает $\approx 90 \text{ К}$, а полная ширина перехода составляет $\approx 2 \text{ К}$.

Обращает на себя внимание то, что с уменьшением отношения R_{300}/R_{T_H} появляется предшествующий сверхпроводящему переходу рост сопротивления. По мере ухудшения качества кристаллов начало этого роста смещается, как и сам сверхпроводящий переход, в сторону низких температур. Поэтому можно думать, что мы имеем здесь дело с некоторым предпереходным явлением, возможно, связанным с перераспределением токовых путей в сильно анизотропных и дефектных кристаллах.

Для оценки количественной доли сверхпроводящей фазы в исследуемых кристаллах с помощью магнитометра на основе сквида были проведены измерения температурной зависимости их статической намагниченности в плоскости ab . На рис. 2, а изображены результаты по диамагнитному экранированию для образца 3. В этих экспериментах магнитное поле включалось при температуре $T \approx 10 \text{ К}$, и изменение магнитного момента образца фиксировалось в

ходе его отогрева до $T \approx 100$ К. Амплитуда изменения магнитного момента практически совпадала с величиной скачка намагниченности при $T = 7,2$ К у специально приготовленного свинцового репера. Полное изменение восприимчивости при диамагнитном экранировании обозначается здесь как $\chi_{ид}$.

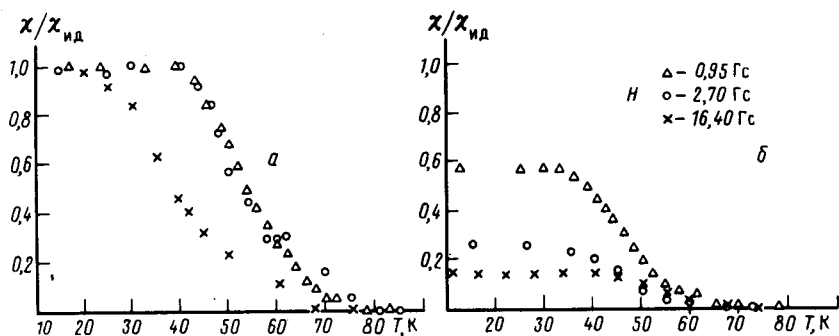


Рис. 2. Температурная зависимость приведенной магнитной восприимчивости образца 3 для случаев диамагнитного экранирования (а) и эффекта Мейсснера (б)

Результаты по измерению эффекта Мейсснера на этом же образце показаны на рис. 2, б. В этих экспериментах образцы охлаждались от температуры превышающей T_H в присутствии магнитного поля. Можно видеть, что в малых магнитных полях отношение сигналов для двух указанных типов экспериментов превышает 50%.

Следует отметить, что величина диамагнитного момента в случае экранирования пропорциональна магнитному полю H вплоть до $H \approx 40$ Гс. В то же время, величина момента, измеряемая в случае эффекта Мейсснера, изменяется лишь на 20–25% при увеличении приложенного поля от 1 до 16 Гс. Это эквивалентно уменьшению доли вытолкнутого магнитного потока от 55 до 14%. Такое поведение может быть связано с пиннингом потока на двойниковых границах и других возможных дефектах структуры. Структурные несовершенства, а также анизотропия сверхпроводящих свойств, скорее всего, ответственны и за значительное уширение сверхпроводящего перехода, измеряемого по магнитному моменту, и его заметное смещение в малых магнитных полях.

Вместе с тем, результаты магнитных измерений на всех исследованных образцах показывают, что магнитное поле при уменьшении температуры ниже T_c может выталкиваться из значительного объема образца. Это, несомненно, свидетельствует об объемном характере сверхпроводимости в исследованных монокристаллах $YB a_2 Cu_3 O_x$. Что касается возможного влияния двойниковых границ и других дефектов кристаллического строения на особенности сверхпроводимости и магнитного поведения исследованных монокристаллов, то этот вопрос требует дальнейших исследований.

Авторы выражают благодарность Р.П.Шибяевой и Л. П.Розенберг за рентгенографический анализ образцов.

Литература

1. Oda Y., Nakada I., Asayama K. Jap. Journ. Appl. Phys., 1987, 26, L608.
2. Semba K., Tsurumi S., Hikita M. et al. Jap. Journ. Appl. Phys., 1987, 26, L429.