

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P14-87-463

Б.В.Васильев, В.И.Лущиков

ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
НА СВОЙСТВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО  
СВЕРХПРОВОДНИКА ТИПА  $Y-Ba-Cu-O$

Направлено в Оргкомитет Специальной  
Адриатической конференции по высоко-  
температурной сверхпроводимости.  
Триест, Италия, 6-8 июля 1987 года.

1987

Открытая недавно<sup>/1/</sup> сверхпроводимость в металло-оксидной керамике (МОК) обнаруживает уникальные свойства: критическая температура в этих материалах превышает температуру кипения жидкого азота, а критическое поле по оценкам составляет 80-100Т при относительно малом значении критического тока  $I_c$  от 1 до  $10^3$  А/см<sup>2</sup>. Такое несоответствие рекордно высоких  $T_c$  и  $H_c$ , с одной стороны, и малого  $I_c$ , с другой, заставляет думать о различии механизмов, их обуславливающих. Мы провели несколько экспериментов для выяснения природы этого феномена в серии образцов из иттриевой керамики. Цель настоящей работы — описать первые результаты выполненных экспериментов.

Образцы, на которых проводились исследования, имели химический состав, близкий к  $Y_{1,2}Ba_{0,8}CuO_4$  или  $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ , и приготовлялись по методике, описанной в работе<sup>/2/</sup>. Температура перехода в сверхпроводящее состояние для наших образцов лежала несколько выше точки кипения жидкого азота. Все образцы проявляли хорошо выраженный мейснеровский диамагнетизм при азотной температуре и несколько выше, вплоть до перехода в нормальное состояние.

Электрические свойства образцов зависели от технологии приготовления и состава. При этом все образцы можно более или менее определенно разделить на три группы. К первой группе относятся в основном образцы состава  $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ , обладавшие наиболее сильно выраженным эффектом Мейснера и наиболее узкой шириной перехода.

Прямые измерения сопротивления образцов, проведенные по стандартной четырехточечной схеме через индиевые контакты, показали, что их критическая температура самая высокая — около 95К (рис. 1). Вольт-амперные характеристики (ВАХ) этих образцов удалось наблюдать только непосредственно вблизи  $T_c$ , ниже этой температуры критический ток был слишком велик и не мог быть измерен нашей методикой (более 10 А/см<sup>2</sup>). При этом никакого заметного влияния на ВАХ внешние магнитные поля порядка 100 Э не оказывали.

Ко второй группе относятся в основном образцы состава  $Y_{1,2}Ba_{0,8}CuO_4$  с хорошо выраженным эффектом Мейснера. Для них ниже температуры перехода ( $T_c = 80$ К) наблюдались ВАХ (очень похожие на ВАХ слабых сверхпроводящих контактов) с резким изломом при повышении критического тока, составлявшего при низких температурах примерно 1 А/см<sup>2</sup>. Для этих образцов была измерена зависимость критического тока от температуры (рис. 2). Эта зависимость имела типичный для сверхпроводников вид с равной нулю производной  $dI_c/dT$  при низких температурах и с отрицательной производной

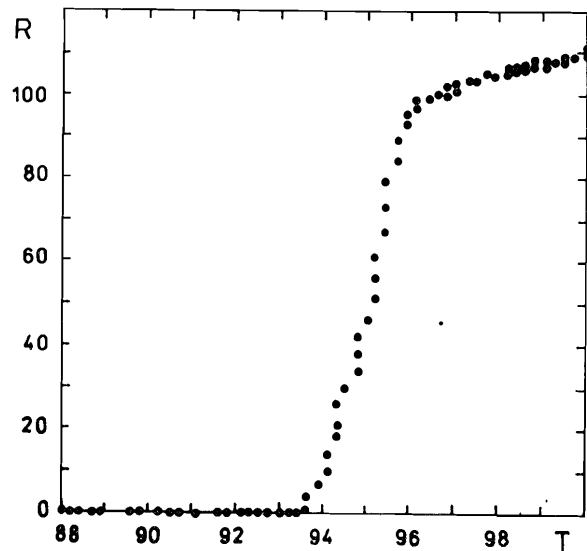


Рис. 1.

для исследований, которые дальнейшему отжигу уже не подвергались. Несмотря на то, что эти образцы, естественно (как и порошок), обладали диамагнетизмом ниже  $T_c$ , никакого падения сопротивления образцы не показывали, а наоборот, наблюдался примерно двукратный

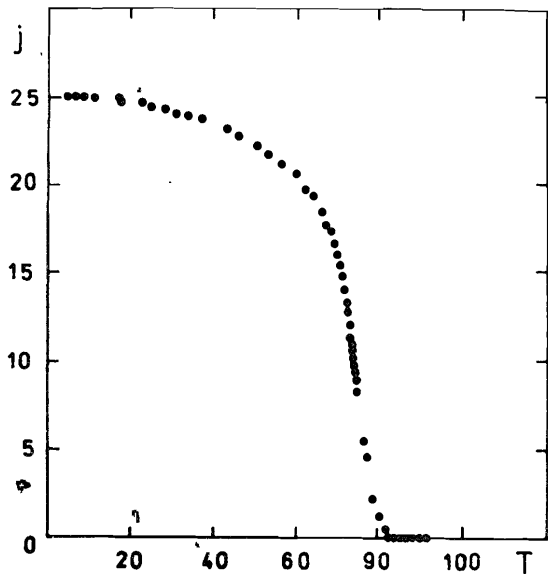


Рис. 2.

вблизи  $T_c$ . При исследовании ВАХ таких образцов было замечено необычное явление: приложение даже сравнительно небольшого магнитного поля величины в несколько десятков эрстед заметно снижало критический ток образца (рис. 3).

Для приготовления образцов третьей группы сначала синтезировался состав  $Y_1Ba_2Cu_3O_7$  в виде порошка, который проявлял хорошо заметный диамагнетизм. Далее из этого порошка прессовались образцы для исследований, которые дальнейшему отжигу уже не подвергались. Несмотря на то, что эти образцы, естественно (как и порошок), обладали диамагнетизмом ниже  $T_c$ , никакого падения сопротивления образцы не показывали, а наоборот, наблюдался примерно двукратный рост сопротивления, начинавшийся ниже  $T_c$ . Соответственно излома на ВАХ при этом также не наблюдалось.

В другой серии экспериментов исследовалось поглощение энергии электромагнитных колебаний образцами в зависимости от температуры и внешнего магнитного поля. В этих опытах образцы помещались внутрь катушки индуктивности колебательного контура, накачка которого осуществлялась на резонансной частоте от внешнего генератора, работавшего в токовом режиме. Ампли-

туда колебаний на контуре определялась током накачки и диссипацией энергии в образце. Было обнаружено, что образцы первой группы ниже  $T_c$  имеют поглощение меньшее, чем в нормальном состоянии (кривая 1а на рис. 4). При этом наложение небольшого внешнего магнитного поля величины порядка десятка эрстед приводит к увеличению поглощения примерно до уровня, существовавшего в нормальном состоянии (кривая 1б на рис. 4).

Вторая группа образцов проявила при переходе в сверхпроводящее состояние неожиданно сильное поглощение электромагнитных колебаний (кривая 2а на рис. 4). Причем наложение внешнего магнитного поля величиной в несколько десятков эрстед в отличие от предыдущего случая, наоборот, уменьшало поглощение (кривая 2б на рис. 4). При этом диссипация практически не зависела от частоты в диапазоне от нескольких МГц до десятков МГц, при амплитуде поля порядка сотых долей эрстеда. Подавление диссипации постоянным внешним магнитным полем несколько зависело от его ориентации относительно радиочастотного.

Для третьей группы образцов ни дополнительной диссипации, ни влияния внешнего поля замечено не было.

Такие эффекты не имеют места в "обычных" сверхпроводниках. Их возникновение можно объяснить тем, что в образцах существуют гранулы сверхпроводящего материала с высокими критическими па-

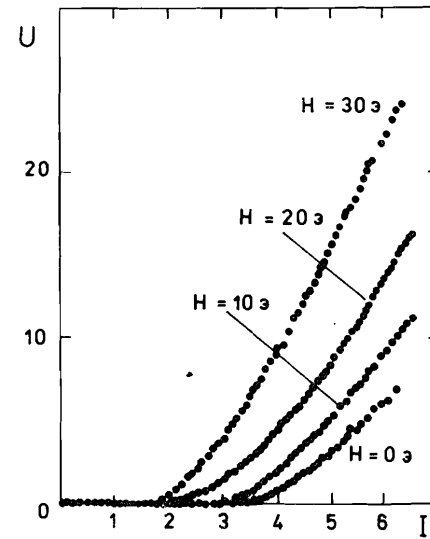


Рис. 3.

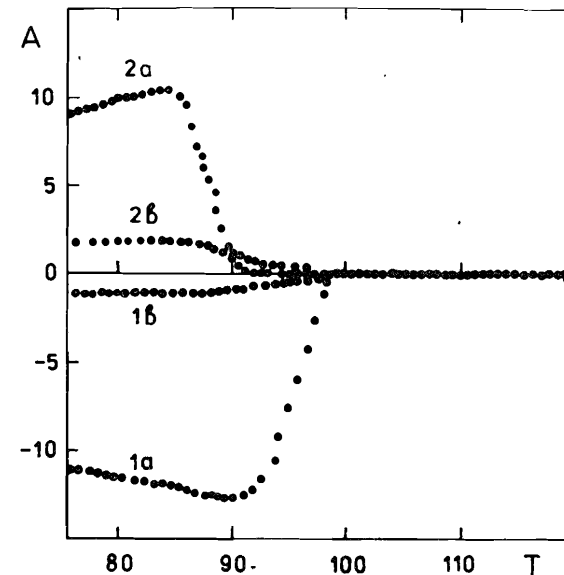


Рис. 4.

раметрами. Однако контакты между гранулами могут иметь различные свойства, которые определяют поведение образцов в слабых полях. Для образцов третьей группы, спрессованных из порошка, контакты между гранулами не обладают сверхпроводящими свойствами, и это приводит к отсутствию поглощения и излома на ВАХ и зависимости  $R(T)$ . В первой группе границы зерен обладают сильными сверхпроводящими свойствами, а во второй группе — более слабыми. Кажется, эта модель позволяет объяснить качественно описанные выше явления, однако остаются непонятными некоторые вопросы: например, почему в первой группе образцов внешнее магнитное поле порядка десяти эрстед практически не воздействует на ВАХ, но сильно увеличивает поглощение электромагнитных колебаний? Очевидно, предложенную трактовку наблюдаемых эффектов нельзя считать окончательной, и в этом направлении, безусловно, потребуются дальнейшие исследования.

Авторы искренне благодарны коллегам А.В. Анкудинову и Э.Б. Кирпикову за их участие в работе и помощь в приготовлении образцов для исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wu M.K. — *Phys. Rev. Lett.*, 1987, v.58, No.9, p.908.
2. Cava R.J. — *Phys. Rev. Lett.*, 1987, v.58, No.4, p.408.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 июня 1987 года.

Васильев Б.В., Лушиков В.И.  
Влияние слабого магнитного поля  
на свойства высокотемпературного  
сверхпроводника типа Y-Ba-Cu-O

P14-87-463

Описаны два эффекта, обнаруженные в образцах из керамики Y-Ba-Cu-O, проявляющиеся во влиянии слабого магнитного поля на вольт-амперные характеристики в сверхпроводящем состоянии и на поглощение электромагнитных колебаний. Высказывается предположение о возможном механизме этих явлений.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Vasiliev B.V., Luschikov V.I.  
The Influence of a Weak Magnetic Field  
on High Temperature Superconductivity  
in Y-Ba-Cu-O Ceramics

P14-87-463

Two effects are described which are observed in Y-Ba-Cu-O ceramic samples: a weak magnetic field affects the Volt-Amper characteristic of the superconducting state; strong absorption of electromagnetic waves takes place influenced by weak magnetic field. The possible explanation of these effects is discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987