

природы и особенностей магнитного фазового перехода под давлением во фторосиликате марганца необходимы тщательные структурные исследования.

Авторы выражают благодарность И. М. Витебскому за обсуждение работы и ценные замечания.

Л и т е р а т у р а

- [1] Ohtsubo A. J. Phys. Soc. Japan, 1965, vol. 20, N 1, p. 82—88.
[2] Лукин С. Н., Цинцадзе Г. А. ФТТ, 1975, т. 17, № 6, с. 1872—1874.
[3] Jehanno G., Varret F. Acta Cryst., 1975, vol. A31, part 6, p. 857—858.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
23 июля 1987 г.

УДК 539.292

Физика твердого тела, том 30, в. 2, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 2, 1988

О МЕХАНИЗМЕ МЕЖЗЕРЕННОЙ ПРОВОДИМОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ

В. М. Свистунов, Ю. Ф. Ревенко, О. В. Григуть,
В. Ю. Таренков

Новый класс высокотемпературных сверхпроводящих металлооксидов $(L_{1-x}M_x)_2CuO_4$ ($L—Y, RZ; M—Ba, Sr$) представляет собой крупнозернистые многофазные композиты, в которых помимо сверхпроводящей присутствуют и нормальные фазы [1, 2]. От их соотношения сильно зависят многие физические свойства. Как в любом гранулярном сверхпроводнике, транспортные характеристики металлооксидов определяются связью между гранулами, тип которой и сила обусловлены структурой металла.

Работа посвящена исследованию электрических свойств межзеренных связей в новых сверхпроводниках при различных внешних воздействиях — температуры T , магнитного поля H и электромагнитного облучения P_f .

Эксперименты проведены на $Y_{1.3}Ba_{0.8}CuO_4$ -керамике, приготовленной по методу твердофазной реакции из порошков Y_2O_3 , $BaCO_3$ и CuO [2]. С целью получения детальной информации о механизмах проводимости режим синтеза был выбран таким, чтобы образцы имели широкую $R(T)$ -зависимость сверхпроводящего перехода. Это позволило выделить на ней флуктуационную область, переход зерен в сверхпроводящее состояние и их ансамблей, начало процесса статической синхронизации фазы параметра порядка по межзеренным связям.

Для их наблюдения использовалась модуляционная методика записей динамического сопротивления $dU/dI(U, I)|_{T, H, P_f}$ образцов, предложенная в [3]. Измерения проводились на пластинах размером $\sim 8 \times 1 \times 1.5$ мм, вырезанных из синтезированных таблеток. В качестве контактов использовалось вожженное из пасты серебро. Эксперименты выполнялись в криостате с газообразной теплообменной средой. Влияние электромагнитного поля изучалось на частоте $f=2$ ГГц в устройстве, описанном в [4]. Результаты (рис. 1) представлены для образца $Y—Ba—Cu—O$, имеющего следующие параметры: $T_c(R/2)=75$ К, $T_c(R=0)=45$ К, $\delta T_c=50$ К, $\rho_{300K}=1.1 \cdot 10^{-1}$ Ом·см, $R_{300}/R_{100K}=0.85$ (слабый полупроводниковый ход).

В $R(T)$ -переходе этого образца выделены участки, проводимости которых описываются известными степенными законами. В верхней части проявлением нуль- и трехмерных флуктуаций в проводимости, описываемых теорией Асламазова—Ларкина [5]. В данной области температур происходит формирование сверхпроводимости зерен. Показатель степени нижней части CD $R(T)$ зависимости (от T_c до T_{c_j}) $\mu=4$, который часто встречается для гранулярных сверхпроводников. Эта область соответствует проявлению джозефсоновских флуктуаций в проводимости. Здесь происходит формирование межзеренных сверхпроводящих связей в перколяционном кластере композита, которое четко отражается в динамических характеристиках $dU/dI(I)$, снятых в резистивной области $R(T)$ -перехода.

Начиная с момента образования связей на фоне общего понижения сопротивления в этих кривых проявляются нулевые аномалии проводимости.

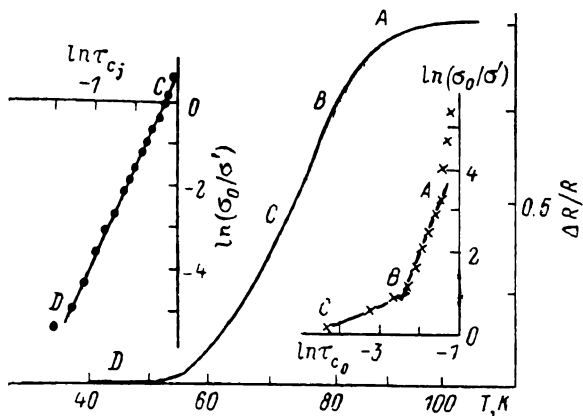


Рис. 1. $R(T)$ — зависимость образца $Y_{1.2}Ba_{0.8}CuO_4$.

На вставках — функциональная зависимость проводимости $\sigma_j \sim (t-1)^\mu$; участок AB — нульмерные флуктуации, $\mu=2$; BC — трехмерные флуктуации, $\mu=1/2$; C = область джозефсоновских флуктуаций; $\mu=4$.

мости, аналогичные обнаруженным ранее в $Ba(Pb, Bi)O_3$ [8]. С уменьшением температуры амплитуды особенностей растут, достигая уровня $R=0$ при T_{c_j} . Затем аномалия уширяется и характеристика $dU/dI(I)$ показывает протекание сверхпроводящего тока. Воздействие внешних полей на данную гранулярную среду дало следующие результаты. На рис. 2 показано изменение сопротивления образца в магнитных полях $H_{||}$ при температуре 77 К, когда в системе гранул уже происходит зарождение джозефсоновских связей. В малых полях наблюдается быстрое увеличение сопротивления $R(0)$ среды по закону $\sigma \sim 1/H$, аналогичному поведению $I_c(H) \sim 1/H$ для статистически неоднородных джозефсоновских сред [6]. Смена функциональной зависимости в $R(H)$ происходит в поле $H \approx 20$ Э (см. вставку на рис. 2), которое соответствует кванту магнитного потока, протекающему в межзеренной контуре. При этом на кривых $dU/dI(U)_{||}$ в малых полях отмечается быстрое затухание нулевой аномалии. Подобным образом ведет себя проводимость среды при электромагнитном облучении сверхвысокими частотами. Уже малые мощности облучения ($P_j < 0.2$ мВт) приводят к подавлению аномалии в $dU/dI(U)$ при незначительном изменении фонового сопротивления. Лишь при значительных мощностях ($P_j > 5$ мВт) замечен рост общего сопротивления, вызванного тепловыми эффектами. Эти процессы хорошо отражаются изменением наклона прямых в зависимости $R(P_j^{1/3})$ (рис. 3). Чувствительность к облучению составляет для данного образца $\Delta R/R \Delta P_j \approx 50 \text{ Вт}^{-1}$, в области малых P_j при больших мощностях она падает

до значений $\sim 5 \text{ Вт}^{-1}$. Доля вклада первого механизма в изменение проводимости в данном случае составляет $\Delta R/R \sim 2 \cdot 10^{-2}$. Эта величина одинакова и в случае воздействия на образец магнитным полем что указывает на общую природу их изменения от внешних факторов. Основным механизмом в этом случае является эффект подавления слабых связей в гранулярной среде. Малость этого эффекта в проводимости обусловлена незначительным количеством связей в среде при температуре измерения 77 К.

Результаты данных экспериментов однозначно характеризуют новые металлооксидные сверхпроводники как среду с набором слабых связей. Эти керамики состоят из крупных зерен с $d=1-20$ мкм. Для них, как и для обычных гранулярных сверхпроводников [7], хорошо проявляются все флуктуационные эффекты в проводимости, показывающие переход системы от нульмерной к трехмерной. В области от T_{c_j} до T_c проявляются

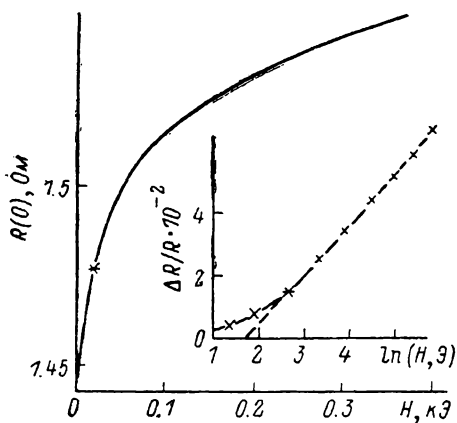


Рис. 2. Зависимость сопротивления R ($U=0$) образца металлооксидной керамики от приложенного магнитного поля H . На вставке — изменение зависимости $\Delta R/R$ от

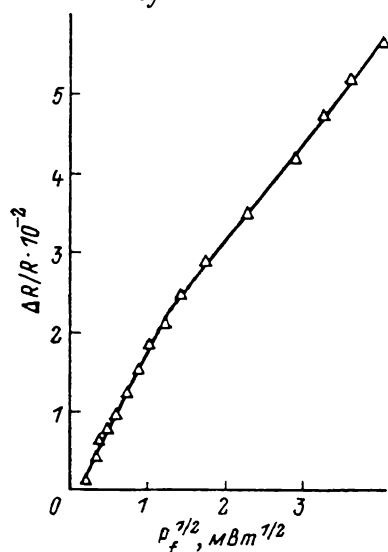


Рис. 3. Изменение сопротивления $\Delta R/R$ образца от мощности электромагнитного облучения P_f ($f=2 \text{ ГГц}$, $T=77 \text{ К}$).

флуктуационные явления джозефсоновской природы, которые связаны с образованием синхронизированных межзеренных связей. Тип связей можно установить из температурной зависимости флуктуационной джозефсоновской компоненты проводимости $\sigma_j \sim (t-1)^\mu$. В нашем случае $\mu=4$. Согласно работы [8] $\sigma_j \sim |E_j|^2 = \left| \frac{2\pi}{e} I_c \right|^2$ (здесь E_j — энергия джозефсоновской связи). Это означает, что вблизи T_{c_j} для связей должен выполняться закон $I_c(T) \sim |1-t|^2$, который соответствует реализации переходов типа $S-N-S$ [9]. На данный тип связи указывает и малая чувствительность σ_j к магнитным и СВЧ полям. Для сравнения отметим, что в случае $\text{Ba}(\text{Pb}, \text{Bi})\text{O}_3$ -керамик с $S-I-S$ межзеренными барьерами эта чувствительность была на 3–4 порядка выше [3]. Исходя из этого можно констатировать, что свойства Y-Ba-Cu-O -керамики должны определяться эффектами близости. Они могут быть связаны как с наличием проводящего слоя на поверхности сверхпроводящих гранул, так и присутствием контактирующих с ними проводящих (а возможно, и сверхпроводящих с меньшим T_c) зерен другого состава. Кроме того, малая зависимость от времени старения температурного коэффициента сопротивления (обычно положительного для Y-Ba-Cu-O -систем) в большинстве случаев свойственна для переходов с металлическими связями. В случае $\text{La-Sr}(\text{Ba})\text{-Cu-O}$ -керамик легко реализуется полупровод-

никовый ход сопротивления, наблюдаются возвратные явления в проводимости. Это указывает на наличие в системе межзеренных связей $S-I-S$, которые обусловлены выпадением окисных (обычно La_2O_3) фаз при дегградации материала.

Таким образом, сверхпроводящие металлооксидные соединения могут представлять собой в самом общем случае слабосвязанную среду, физические свойства которой многообразны и подобны свойствам известных гранулированных сверхпроводников.

Л и т е р а т у р а

- [1] Bednorz J. G., Müller K. A. Zs. Phys. B, 1986, vol. 64, N 2, p. 189—193.
- [2] Wu M. K., Ashburn J. R., Torng C. J., Hor P. H., Meng R. L., Gao L., Huang Z. J., Wang Y. Q., Chu C. W. Phys. Rev. Lett., 1987, vol. 58, N 9, p. 908—910.
- [3] Свистунов В. М., Ревенко Ю. Ф. Письма в ЖЭТФ, 1986, т. 44, № 6, с. 336—339.
- [4] Свистунов В. М., Ревенко Ю. Ф., Моисеев Д. П., Постников В. М. Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, № 14, с. 845—848.
- [5] Асламазов Л. Г., Ларкин А. И. ФТТ, 1968, т. 10, № 4, с. 1104—1111.
- [6] Габович А. М., Моисеев Д. П. УФН, 1986, т. 150, № 4, с. 599—623.
- [7] Свистунов В. М., Ревенко Ю. Ф., Моисеев Д. П., Постников В. М., Гавескис А. Г. ФНТ, 1985, т. 11, № 11, с. 1133—1143.
- [8] Simanek E. Phys. Rev. B, 1982, vol. 25, N 1, p. 237—244.
- [9] Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М.: Мир, 1968. 280 с.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
28 июля 1987 г.

УДК 539.219.3 539.143.43

Физика твердого тела, том 30, в. 2, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 2, 1988

НИЗКОЧАСТОТНОЕ ДВИЖЕНИЕ АТОМОВ ВОДОРОДА В МЕЖДОУЗЛИЯХ РЕШЕТКИ TaV_2 ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А. В. Скрипов, М. Ю. Беляев, С. В. Рычкова,
А. П. Степанов, Е. П. Романов

Измерения времени ядерной спин-решеточной релаксации T_1 в системах металл—водород позволяют получать микроскопическую информацию о подвижности атомов H [1]. Возбуждение диффузионного движения приводит к появлению максимума на температурной зависимости скорости релаксации T_1^{-1} при $\omega\tau_c \approx 1$, где $\omega=2\pi\nu$, ν — частота, на которой наблюдается ядерный магнитный резонанс (ЯМР); τ_c — время корреляции, пропорциональное среднему времени жизни диффундирующих атомов в одном междоузлии. В настоящей работе сообщается о наблюдении дополнительного низкотемпературного максимума T_1^{-1} в системе TaV_2-H . Эта особенность может быть связана с низкочастотными колебаниями атомов H внутри междоузлий.

Интерметаллическое соединение TaV_2 имеет структуру типа С15. При поглощении водорода образуется непрерывный ряд однородных твердых растворов внедрения TaV_2H_x ($x \leq 1.8$) [2], причем атомы водорода занимают только тетраэдрические междоузлия g -типа, образованные двумя атомами V и двумя атомами Ta [3]. Рентгенографическое исследование образцов TaV_2H_x показало, что металлическая матрица сохраняет структуру С15 при понижении температуры до 80 К. Измерения времен спин-решеточной релаксации ядер ^{51}V и 1H в TaV_2H_x ($x=0.44, 0.53, 1.25$ и 1.47) проводились в интервале температур 10—440 К на