

- [1] Головашкин А. И., Иваненко О. М., Мицен К. В., Храменко Н. Е. Препринт-298. М., ФИАН, 1987.
- [2] Horn P. M., Keane D. T., Held G. A. et al. Phys. Rev. Lett., 1987, vol. 59, N 24, p. 2772—2775.
- [3] Coey J. M. D., Donnelly K. Z. Phys. B, 1987, vol. 67, N 4, p. 513—516.
- [4] Bauminger E. R., Kalvius G. M., Novik I. In: Mossbauer Isomer Shifts / Ed. G. K. Shenoy, F. E. Wagner. Amsterdam, 1978, p. 661—756.
- [5] Backman O., Lungren L., Nordblad P. et al. Phys. Lett. A, 1987, vol. 125, N 8, p. 425—428.
- [6] Шпинель В. С. В кн.: Резонанс гамма-лучей в кристаллах. М.: Наука, 1969. 408 с.

Московский государственный  
университет им. М. В. Ломоносова НИИЯФ  
Москва

Поступило в Редакцию  
7 апреля 1988 г.

УДК 537.312.62

Физика твердого тела, том 30, в. 9, 1988

Solid State Physics, vol. 30, № 9, 1988

## ТУННЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ

$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ , с  $T_c=12 \div 13$  К

С. И. Веденеев, И. П. Казаков, А. П. Кирьянов,  
С. Н. Максимовский, В. А. Степанов

Одной из основных характеристик спектра одночастичных возбуждений сверхпроводников является величина энергетической щели  $2\Delta$ . В обычных сверхпроводниках этот параметр отражает силу электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) и связан с температурой перехода в сверхпроводящее состояние  $T_c$  соотношением  $2\Delta/kT_c=3.5\div 5$ . Однако уже первые измерения величин  $2\Delta$  методом туннельного эффекта у новых оксидных сверхпроводников дали значения  $2\Delta/kT_c$ , лежащие в области  $0.2-44$  [1]. Измерения проводились на металлооксидных керамиках, и такой разброс, но всей вероятности, обусловлен чрезвычайной сложностью объектов исследования, «грязной» поверхностью образцов, их неоднородностью и мелкодисперсностью.

Проведенные нами туннельные исследования  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  показали, что в наших даже монокристаллических образцах существовали области переменного состава с двумя значениями  $T_c=12\div 13$  и  $36-38$  К. Двух-ступенчатый (при  $T\approx 30$  и  $13$  К) переход в сверхпроводящее состояние  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  наблюдался и ранее [2] при недостаточной концентрации Sr ( $x=0.1$  вместо  $0.15$ ). Однофазные монокристаллы этого сверхпроводника с  $T_c=12\div 13$  К и постоянными решетки  $a=3.733$  Å и  $c=13.190$  Å были изготовлены в [3]. Рентгеновский анализ наших образцов<sup>1</sup> подтвердил наличие двух монокристаллических фаз с постоянными решеток, отличающихся на  $\Delta c=0.01$  Å. Ниже мы приводим результаты исследований низкотемпературной фазы в монокристаллах  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  с  $T_c=12\div 13$  К. Из-за своих аномалий эти данные, по нашему мнению, представляют определенный интерес.

В экспериментах изучались температурные зависимости вольт-амперных ( $I-V$ ) характеристик «точечных» туннельных переходов (ТП)  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}-\text{Nb}$ . Монокристаллы  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  представляли собой пластинки длиной и шириной  $0.5-1$  мм, а толщиной  $30-100$  мкм. Ниобеявая игла поджималась в жидком гелии к ребру кристалла или к плоскости (вдоль оси  $c$ ). За температуру сверхпроводящего перехода  $T_c$  вы-

<sup>1</sup> Рентгеновский анализ образцов проведен О. В. Александровым и К. В. Киселевой.

биралась температура, при которой энергетическая щель исследуемым образце становилась равной нулю. Какой-либо анизотропии величины  $\Delta$  обнаружено не было. Данные, приведенные ниже, относятся к ТП, в которых наблюдалась только одна щель, что указывало на однофазность исследуемого участка монокристалла.

На рис. 1 показаны зависимости  $-dV/dI$  (V) для ТП  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}-\text{Nb}$ , записанные при разных температурах (для ясности кривые смещены по вертикальной оси). Вид кривых указывает на хорошее качество ТП — имеется небольшой джозефсоновский ток и особенности, отвечающие сумме и разности  $\Delta$  и  $\Delta_{\text{Nb}}$  (отмечены стрелками). При переходе Nb в нормальное состояние ( $T_c = 9.2$  К) кривые становятся типичными для ТП типа  $s-n$ . Видно, что энергетическая щель исследуемого образца исчезает между  $T = 11$  и  $12.5$  К. Такие кривые были получены для нескольких образцов, и их значения  $T_c$  лежали в области 12–13 К.

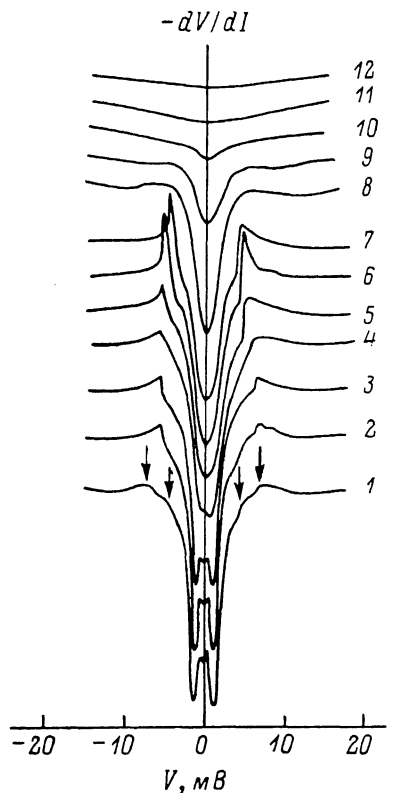


Рис. 1. Зависимости  $-dV/dI(V)$  для туннельного перехода  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}-\text{Nb}$ .

$T$ , К: 1 — 4.2, 2 — 5, 3 — 6, 4 — 7, 5 — 8, 6 — 8.5, 7 — 9.0, 8 — 9.5, 9 — 10.5, 10 — 11, 11 — 12.5, 12 — 14. Стрелками отмечено положение  $(\Delta - \Delta_{\text{Nb}})/e$  и  $(\Delta + \Delta_{\text{Nb}})/e$ .

Вид кривых указывает на хорошее качество ТП — имеется небольшой джозефсоновский ток и особенности, отвечающие сумме и разности  $\Delta$  и  $\Delta_{\text{Nb}}$  (отмечены стрелками). При переходе Nb в нормальное состояние ( $T_c = 9.2$  К) кривые становятся типичными для ТП типа  $s-n$ . Видно, что энергетическая щель исследуемого образца исчезает между  $T = 11$  и  $12.5$  К. Такие кривые были получены для нескольких образцов, и их значения  $T_c$  лежали в области 12–13 К.

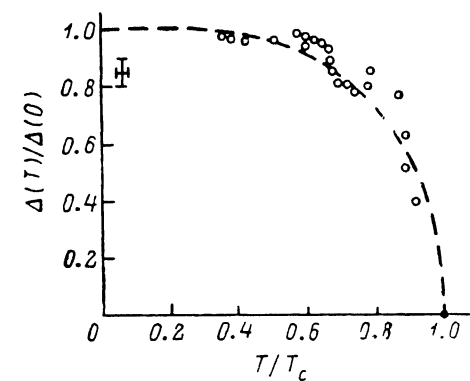


Рис. 2. Температурная зависимость величины энергетической щели  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  (точки) со значением  $2\Delta/kT_c = 10$ .

Штриховой линией показана  $\Delta(T)/\Delta(0)$ , следующая из теории БКШ.

На рис. 2 приведены температурная зависимость нормированной величины энергетической щели  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$  (точки), для которой  $2\Delta/kT_c = 10$ , и эта зависимость в теории БКШ (штриховая линия) с величиной  $2\Delta/kT_c = 3.52$  [4]. Несмотря на большую величину отношения  $2\Delta/kT_c$  у  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ ; зависимость  $\Delta(T)/\Delta(0)$  от  $T/T_c$  сохраняет форму зависимости, следующей из теории.

На рис. 3 даны кривые  $-dV/dI(V)$  и  $-d^2V/dI^2(V)$  для одного из исследованных ТП, полученные при  $T = 4.2$  К. Особенности, наблюдаемые на кривых при  $V > (\Delta + \Delta_{\text{Nb}})/e$ , смещались в сторону меньших напряжений вслед за суммой  $(\Delta + \Delta_{\text{Nb}})/e$ , сохранялись после перехода Nb в нормальное состояние и исчезали при  $T = T_c$   $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ . Поэтому естественно, что эту структуру мы связали с ЭФВ в  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ . Внизу на этом рисунке приведен фоновый спектр  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ , полученных в экспериментах по рассеянию нейтронов при 6 К [5]. Совпадение положения минимумов на кривой  $-d^2V/dI^2(V)$  с положением основных максимумов на фоновом спектре  $F(\omega)$  он смещен по оси напряжений на ве-

личину  $\Delta + \Delta_{\text{Nb}}$  указывает на определенный вклад ЭФВ в сверхпроводимость  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ . Амплитуда фоновой структуры на кривых ( $\sim 1 \div 2\%$ ) и низкое значение  $T_c$  свидетельствуют о не очень сильном ЭФВ в наших образцах. В то же время аномально большая величина  $\Delta$  дает основание подозревать отсутствие простой связи между  $\Delta$  и  $T_c$  в  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ .

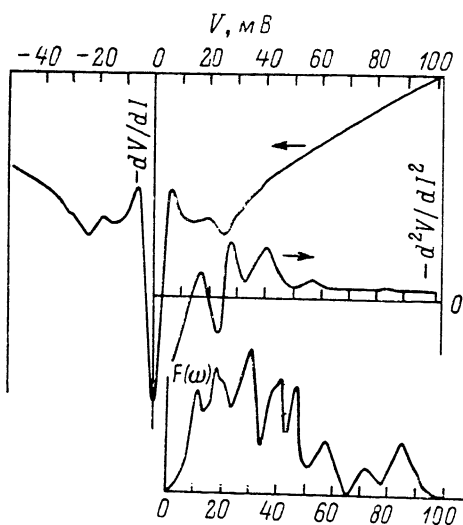


Рис. 3. Зависимости  $-dV/dI(V)$  и  $-d^2V/dI^2(V)$  для ТП  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}\text{-Nb}$ , полученные при 4.2 К.

Нижняя кривая  $F(\omega)$  — фоновый спектр  $\text{La}_{1.88}\text{Sr}_{0.12}\text{CuO}_4$  из экспериментов по рассеянию нейтронов при 6 К [5].

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Gray K. R., Hawley M. E., Moog E. R. Tunneling Spectroscopy of novel superconductors. Prepr. Argonne National Lab. Argonne, Illinois, 1987. 171 p.
- [2] Tarascon J. M., Greene L. H., McKinnoh W. R., Hull G. W. Ge balle, Science, 1987, vol. 235, p. 1373—1376.
- [3] Kawabe W., Hasegawa H., Aita T., Ishiba T. J. Appl. Phys. 1987, vol. 26, Suppl. 26-3, p. 1135—1136.
- [4] Бардин Дж., Шриффер Дж. Новое в изучении сверхпроводимости. М., 1962.
- [5] Renker B., Compj F., Gering E. et al. Z. Phys. B, 1987, vol. 67, p. 15—18.

Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР  
Москва

Поступило в Редакцию  
8 апреля 1988 г.

УДК 538.245

Физика твердого тела, том 30, в. 9, 1988  
Solid State Physics, vol. 30, № 9, 1988

## СВЕТОИНДУЦИРОВАННАЯ ДЕСТАБИЛИЗАЦИЯ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ И ПЛАСТИНАХ ИЖГ

В. Г. Веселаго, Р. А. Дорошенко, М. Д. Надеждин, М. С. Сетченков

Изучение воздействия света на магнитные среды вызывает возрастающее внимание исследователей [1, 2]. Привлекательна уникальная возможность под воздействием света локально управлять параметрами исследуемых магнитных материалов при изучении различных физических