

подтвердило предположение о несущественности влияния перенапряжений, возникающих вблизи краев образца и захватов разрывной машины, на распределение микротрещин по изученному сектору.

Установлено, что в процессе приложения нагрузки на поверхности образцов формируется ансамбль микротрещин, коррелированных с размером субзерна. И этот размер не зависит от величины зерна и не меняется в процессе приложения нагрузки. Результаты дают основания считать, что длительность стадии делокализованного накопления микротрещин для образцов выбранной формы определяется временем эволюции ансамбля микротрещин, коррелированных с субзерном. Наблюдаемые скопления, расположение которых на поверхности не связано с наличием в этих местах локализованного накопления деформации, следует рассматривать как места наиболее вероятного появления кластеров — укрупненных трещин [2].

Авторы благодарят В. А. Петрова за обсуждение результатов работы.

Уральский госуниверситет
имени А. М. Горького

Поступило в редакцию
21 августа 1985 г.;
в окончательном варианте —
1 апреля 1986 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журков С. Н. Вопросы современной физики прочности твердых тел. — В кн.: Чтения памяти А. Ф. Иоффе, 1982. Л.: Наука, 1984, с. 14—21.
2. Петров В. А. Теоретические основы микромеханики разрушения. — В кн.: Чтения памяти А. Ф. Иоффе, 1982. Л.: Наука, 1984, с. 22—28.
3. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов. М.: Металлургия, 1984, 280 с.
4. Рыбалко Ф. П., Клиньских Н. А., Волков С. Д. О линейном приближении в теории упругости поликристаллов. — ФММ, 1962, 14, вып. 6, с. 857—863.

УДК 669.3'787'854'892 : 537.312.62

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ФОНОННЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$

В. Р. Галахов, Б. Н. Гоцицкий, В. А. Губанов, С. А. Давыдов, Ю. Ф. Журавлев, М. Г. Землянов, А. Е. Карькин, В. Л. Кожевников, К. Р. Крылов, Э. З. Курмаев, А. Т. Лончаков, А. В. Мирмельштейн, Д. Л. Новиков, Г. Х. Панова, П. П. Паришин, А. И. Пономарев, А. В. Постников, А. Ф. Прекул, М. В. Садовский, А. А. Фотиев, В. А. Фотиев, М. Н. Хлопкин, И. М. Цидильковский, Н. А. Черноплеков, С. М. Чешинский, А. А. Шиков

В настоящей заметке мы приводим основные результаты экспериментальных исследований высокотемпературных керамических сверхпроводников $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$, о синтезе которых сообщали в [1, 2]. Большинство измерений проводили на образцах с $x=0,17$ ($T_c \approx 37$ К, полная ширина резистивного перехода $\Delta T \approx 4$ К).

Исследовано изменение T_c при легировании различными элементами соединения $\text{La}_{1,83}\text{Sr}_{0,17}\text{Cu}_{4-y}$ (замещения La на Ce, Cu на Ni, Co, Zn и O на F). Наиболее сильно сверхпроводимость деградирует при замещении атомов Cu (например, при введении 5% атомов Zn сверхпроводимость не наблюдали до 1,7 К), легирование F уменьшает T_c слабее (от 37 до 22 К при замещении 8% атомов O), замещение La на Ce также уменьшает T_c и сильно уширяет переход.

В температурных зависимостях теплоемкости C_p в области сверхпроводящего перехода наблюдали особенности типа скачка. При $x=0,17$ величина $\Delta C_p/T_c \sim 1$ мДж/г—ат·К², что составляет 1,5% от полной теплоемкости образца. Использование величин остаточного электросопротивления $\rho_0 \approx 1-2$ мОм·см и производной $dH'_{c2}/dT \sim 2$ Тл/К дает значение коэффициента электронной теплоемкости γ порядка нескольких десятых мДж/г—ат·К², что согласуется с величиной скачка теплоемкости и свидетельствуют в пользу объемного характера сверхпроводимости. Фононные теплоемкости образцов с $T_c = 37$ и 29 К практически совпадают, что говорит об идентичности фононных спектров соединений с разными T_c . Магнитное поле $B=8$ Тл смещает скачок в область более низких температур (34 К). В области температур 4—15 К теплоемкость в поле $B=8$ Тл несколько больше, чем в нулевом поле, а разность этих теплоемкостей почти линейно зависит от температуры.

Проведены измерения неупругого рассеяния холодных нейтронов на образце $x=0,17$ при комнатной температуре. Из измерений под шестью углами дважды дифференциальных сечений рассеяния в некогерентном приближении восстановлена обобщенная функция частотного распределения колебаний решетки $G(E)$. В интервале энергий от 2 до 10 мэВ распределение описывается Дебаевским законом $G(E) \sim E^2$.

При энергиях 13, 25; 40 и 56 мэВ наблюдали заметные особенности, последняя из которых, вероятно, связана с колебаниями атомов кислорода. Граничная частота спектра 85 мэВ.

Исследованы эффект Холла, магнитосопротивление и термоЭДС на образцах с $x=0$; 0,10 и 0,17 в интервале $1,7 < T < 77$ К. Эффект Холла и термоЭДС α положительного знака, что дает основания считать дырки преобладающим типом носителей тока. Концентрация дырок p изменяется в пределах $\sim 10^{21} - 10^{22}$ см $^{-3}$, подвижности $(1-6)$ см 2 /В·с. При $T > T_c$ α возрастает, достигая при 50 К ~ 11 мкВ/град. По значениям α и p оценены эффективные массы дырок m : для $T > T_c$ $m/m_0 \approx 2-7$ (m_0 — масса свободного электрона). Эти оценки m для нормальной фазы, по-видимому, не согласуются с предположением о полярной проводимости. При гелиевых температурах в слабых магнитных полях $H^* \sim (10^{-4} - 10^{-2})$ Тл и токах, меньших критического I_c , появляется конечное сопротивление ρ , возрастающее с H до некоторого значения $\rho_{нас}$, не меняющегося до $H \approx 5$ Тл. Пороговые поля H^* уменьшаются, а значения $\rho_{нас}$ увеличиваются при возрастании тока j (при $j < j_c$). Обнаружены гистерезисные явления: при уменьшении H до нуля ρ обращается в нуль. Эти результаты свидетельствуют в пользу возникновения в системе нового типа резистивного состояния, которое связано, по-видимому, с переходом в фазу «сверхпроводящего стекла», возникающую во внешнем магнитном поле.

Электронную структуру образцов $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ и $La_{2-x}Ca_xCuO_4$ определяли из измерений рентгеновских эмиссионных и фотоэлектронных спектров и самосогласованных кластерных и зонных расчетов. Показано, что состояние ионов меди близко к Cu^{2+} и мало меняется с легированием. Порядок следования занятых энергетических полос при возрастании энергий следующей: $02sLa5p$; $02p$ и $Cu3d-La5d$ с энергетическим отщеплением от уровня Ферми 22; 18; 8; 2—0 эВ соответственно. Гибридизация между различными состояниями выражена слабо. Заметное смешивание обнаруживают лишь $Cu3d$ и $La5d$ состояния с $02p$ состояниями и между собой. На уровень Ферми выходят $Cu3d$ и $La5d$ состояния. Плотность состояний на уровне Ферми соответствует 0,32 сост/эВ. Данные ЛМТО зонных расчетов La_2CuO_4 и Y_2CuO_4 и ДВМ- X_α кластерных расчетов $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ оказались в качественном согласии с выводами, сделанными из анализа экспериментальных спектров. Энергетическое разделение $02p$ и $Cu3d$ полос в расчетах оказалось больше примерно в 1,5 раза. В приближении жесткой зоны замещение трехвалентного лантана двухвалентным стронцием сопровождается уменьшением электронной концентрации и сдвигом уровня Ферми в сторону увеличения плотности $Cu3d$ состояний.

Подробные результаты будут опубликованы в одном из следующих номеров журнала.

Институт физики металлов
Институт химии
УНЦ АН СССР

Институт атомной энергии
имени И. В. Курчатова

Поступило в редакцию
19 марта 1987 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cava R. V., Dover P. B., van, Batlogg B., Rietman E. A. Bulk Superconductivity at 36 K in $La_{1-x}Sr_xCuO_4$.—Phys. Rev. Letters, 1987, 58, № 4, P. 408—410.
2. Кожевников В. Л., Чешницкий С. М., Давыдов С. А., Фотиев В. А., Карькин А. Е., Мирмельштейн А. В., Фотиев А. А., Гощицкий Б. Н. Сверхпроводимость и теплоемкость соединений $La_{2-x}Sr_xCuO_{4-y}$.—ФММ, 1987, 63, вып. 3, с. 625—626.