

- [7] Ш а б е л ь н и к о в Л.Г. – Автореферат канд. дисс., Черно-  
голова, 1976. 18 с.
- [8] А р и с т о в В.В., Ш а б е л ь н и к о в Л.Г. В сб.: Тези-  
сы докладов П-го Всесоюзного совещания по программе „Рент-  
ген“, Черновцы, 1987, с. 215-216.
- [9] К о п е ц к и й Ч.В., С т о л я р о в В.Л., Ш а б е л ь н и  
к о в Л.Г., Ж о р и н П.В., С и м о н и ш в и л и Н.Т. –  
Электронная техника, 1984, сер. 6, в. 11, с. 3-6.
- [10] А р и с т о в В.В., Ш у л а к о в Е.В. – Препринт ИПТМ  
АН СССР, Черноглова, 1987. 14 с.

Институт проблем технологии  
микроэлектроники  
и особочистых материалов  
АН СССР

Поступило в Редакцию  
12 ноября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 7

12 апреля 1988 г.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА И ВОДЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЭФФЕКТА МЕЙСНЕРА В ОКСИДНОМ  
СВЕРХПРОВОДНИКЕ  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$

В.Н. А н д р е е в, Ю.М. Б а й к о в,  
Ю.М. Г е р б ш т е й н, С.Е. Н и к и т и н,  
Ф.А. Ч у д н о в с к и й, Е.К. Ш а л к о в а, Э.М. Ш е р

Оксиды со сверхпроводимостью (ОС) в области температур  
выше 35 К – сложные химические соединения, где роль каждой  
компоненты в формировании свойства сверхпроводимости не вполне  
ясна. Экспериментальный путь решения вопроса состоит в изучении  
корреляций состав–свойство. Наиболее подвижной в физическом и  
химическом аспектах компонентой ОС является, по сложившемуся  
к настоящему времени мнению, кислород. Это позволяет изменять  
состав оксида путем химической реакции газ – твердое тело, сох-  
раняя постоянство соотношений металлических компонент в образце  
и исключая возможные эффекты от неконтролируемых примесей. В  
отличие от известных по литературе работ подобного типа [1] мы  
поставили целью не ограничиваться только физико-химическими ис-  
следованиями, а провести серию экспериментов с постоянным сопо-  
ставлением эволюций как в физико-химических, так и сверхпрово-  
дящих свойствах оксида  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ .

Однофазные по рентгеноструктурным данным таблетки ОС были  
получены по керамической технологии из оксидов иттрия и меди  
и карбоната бария. Необходимые для магнитных измерений образцы  
весом около 75 мг вырезали из керамического образца большего  
размера. Они имели форму параллелепипеда с размерами 2.5х1х  
х6 мм. В некоторых опытах эти образцы растирали в порошок в

сухом боксе. Температура перехода в сверхпроводящее состояние —  $T_c = 94 \pm 2$  К — определена измерениями проводимости и эффекта Мейснера. Физико-химические исследования проводили на установке, включающей кварцевый реактор объемом 90 см<sup>3</sup> и соединенный с ним капилляром газоанализатор ИПДО-2а, градуированный по эталонным смесям химического и изотопного состава. Создавая соответствующие условия в реакторе, изучали спектры десорбции, наблюдали изотопный обмен с диоксигородом и диводородом, проводили обработку образцов гаховыми смесями. После каждого этапа такой физико-химической обработки в образцах исследовали температурную зависимость эффекта Мейснера. Магнитную восприимчивость  $\chi$  измеряли методом взаимной индукции на частоте 119 Гц. Магнитное поле, в котором находился образец, не превышало 4.5 эрстед. Температуру образца меняли от 4.2 К до 300 К. Величину  $\chi$  определяли сравнением с эталоном, изготовленным из свинца. Размер и форма точно соответствовали исследуемому образцу. При температуре ниже 7.19 К свинец переходит в сверхпроводящее состояние, и сигнал от него соответствовал 100%-ному диамагнетизму.

По результатам исследования десорбции выделено четыре интервала температур. В первом интервале (до 400 К) выделяются небольшие, менее 0.2 мол.%, количества воды (видимо, адсорбционного характера). Давление в реакторе повышается до 7 Па. После снижения давления до 0.1 Па путем кратковременного соединения реактора с вакуумированной емкостью в 6.2 л выделения новых порций каких-либо газов не наблюдали в течение 10 часов. Во втором интервале (470–620 К) преимущественно выделяется вода с некоторым количеством  $^{18}O_2$  технологического происхождения. Диоксигород наблюдали лишь в виде следов. Хотя наблюдаемым продуктом десорбции является вода, но ее источником могут быть и гидроксидные ионы либо в решетке оксида, либо на его поверхности. Методом дейтеро-противового изотопного обмена при 573 К установлено, что полное содержание водорода, как химического элемента, в оксиде составляет не менее 10 мол. % на формульную единицу, т. е. формула оксида в наших опытах  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}H_{0.1}$ . Десорбция воды не изменяет температуру перехода в сверхпроводящее состояние, но по мере повышения температуры десорбции, т. е. удаления все больших количеств воды, понижается величина  $\chi$  в области температур, близких к  $T_c$  (рис. 1, кр. 2, 3). В третьем интервале (670–820 К) выделения новых порций воды не наблюдали, но здесь заметно возрастает интенсивность выделения  $O_2$ . Резкое возрастание подвижности кислорода в этом интервале температур обнаруживается не только по скорости десорбции, но и по возрастанию скорости изотопного обмена  $^{18}O/^{16}O$  между диоксигородом и оксидом (как минимум на два порядка). Изменение подвижности кислорода может быть связано с отмеченной в [1] структурной перестройкой оксида. (В области температур до 1000 К в обмен с газовой фазой включается не более 10% кислорода твердой фазы). После десорбции кислорода в количестве 3–5 мол.% уменьшается не только величина  $\chi$  в два-три раза, но и  $T_c$  умень-

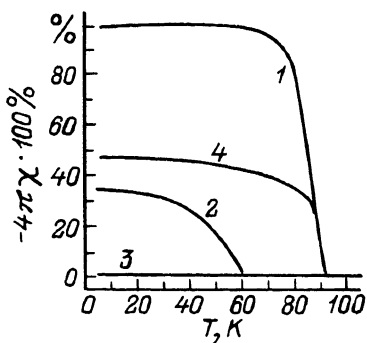
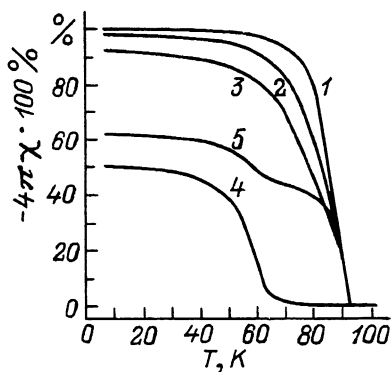


Рис. 1. Зависимость магнитной восприимчивости образца от температуры после различных условий обработки:

1 - исходный, 2 - десорбция при 520 К, 3 - десорбция при 650 К, 4 - десорбция при 820 К, 5 - отжиг при 620 К в смеси кислорода и водяного пара.

Рис. 2. Зависимость магнитной восприимчивости образца от температуры после различных условий обработки с полной потерей сверхпроводимости:

1 - исходный, 2 - десорбция воды и кислорода при 820 К, 3 - десорбция кислорода при 1100 К, 4 - обработка смесью водяного пара и кислорода при 620 К после п. 3.

шается до 60 К (рис. 1 и 2, кр. 4). После десорбции кислорода при температурах выше 970 К (четвертый интервал) эффект сверхпроводимости исчезает полностью (рис. 2, кр. 3).

Наблюдаемое воздействие физико-химической обработки на свойство сверхпроводимости имеет частично обратимый характер. Прогрев в сухом кислороде при 620 К позволяет „восстановить“ температуру перехода до 60 К. Если же образцы, прошедшие третий или четвертый интервалы температур при десорбции, обрабатывали смесью кислорода и водяного пара 16 кПа  $O_2$  и 2 кПа  $H_2O$  при температуре 520–570 К, то наблюдали „восстановление“ температуры сверхпроводящего перехода до 94 К. Однако величина  $\chi$  оставалась примерно в два раза ниже, чем в исходных образцах (рис. 1, кр. 5; рис. 2, кр. 4).

Проведенные эксперименты показывают, что эффект сверхпроводимости зависит не только от содержания кислорода, но и водорода в неустановленной пока химической форме. Гидрооксидный ион может заполнять пустые кристаллохимические позиции в кислородной подрешетке оксида, наличие которых установлено в [2]. Известно

также, что замена кислорода фтором влияет на  $T_c$ , повышая ее до 155 К [3], а ионы  $F^-$  и  $OH^-$  изоэлектронны и имеют почти равный кристаллохимический радиус.

Авторы благодарят Б.П. Захарченко за внимание к работе и полезные обсуждения и С.Л. Шохора за участие в проведении измерений.

### Л и т е р а т у р а

- [1] S t r o b e l P. et al. - Nature, 1987, v. 327, p. 306-308.  
[2] D a v i d W.I. et al. - Nature, 1987, v. 327, p. 310-312.  
[3] O v s h i n s k y S.P. et al. - Phys. Rev. Lett., 1987, v. 58, N 24, p. 2579-2581.

Физико-технический институт  
им. А.Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
5 октября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 7

12 апреля 1988 г.

### НАСЫЩЕНИЕ И ШУМЫ КВАНТОВОГО СВЧ ДЕТЕКТОРА НА СВЕРХПРОВОДИКОВЫХ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ

В.Ю. Б е л и ц к и й, А.Н. В ы с т а в к и н,  
И.Л. С е р п у ч е н к о, М.А. Т а р а с о в

Одной из причин сравнительно малого числа практических детекторов на нелинейности квазичастичного тока в туннельных переходах сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник (СИС) является предубеждение, что их динамический диапазон примерно такой же, как и у СИС смесителей, которые могут насыщаться от источника с шумовой температурой около 20 К [1]. В случае СИС смесителя проблему насыщения можно решить сужением входной полосы, что нежелательно для детектора, т. к. приводит к снижению флуктуационной чувствительности за счет снижения радиометрического выигрыша. Другой путь увеличения мощности насыщения - применение последовательных цепочек СИС переходов - в детекторе приводит к снижению отклика пропорционально числу переходов в цепочке [2].

Для прямого детектора на СИС переходах в квантовом режиме поглощение одного кванта излучения приводит к туннелированию одного электрона и предельный отклик:

$$r_i = \frac{\Delta I_{ВЫХ}}{\Delta P_{ВХ}} = e / \hbar \omega. \quad (1)$$