

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ НА ТУННЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОНТАКТОВ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ -МЕТАЛЛ

Ю.М. Богуславский, Э.М. Руденко

Исследованы "планарные" и "краевые" туннельные контакты на основе эпитаксиальных пленок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$. Различие и особенности ВАХ контактов связываются с анизотропией плотности состояний $N(\epsilon)$ и наличием узкого пика $N(\epsilon)$ вблизи уровня Ферми в плоскости Cu–O. Обнаружено изменение плотности состояний $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ при $T \sim 30$ К.

Несмотря на проявление анизотропии электрических и магнитных свойств высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), вопрос о анизотропии энергетической щели и спектра квазичастичных возбуждений в металлооксидных соединениях остается открытым. При исследовании ВТСП туннельными и микроконтактными методами малые длины когерентности и наличие на поверхности несверхпроводящего слоя усложняет интерпретацию получаемых

вольтамперных характеристик (ВАХ). В большинстве работ по туннелированию в ВТСП использовались микроконтакты между иглой из металла и кристаллитами ВТСП. Однако при вдавливании иглы нарушается структура приборьерной области кристаллов, что затрудняет выявление анизотропии свойств ВТСП данным методом¹. Можно ожидать, что анизотропия свойств будет проявляться в пленочных контактах, лишенных вышеуказанного недостатка.

Нами были исследованы туннельные контакты $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ -металл (Pb, Pt, In), образованные на эпитаксиальных пленках $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$. Пленки получены одностадийно высокочастотным распылением в кислороде на сколах $\{100\}$ MgO без дополнительной термообработки². Используемые пленки имели $T_c = 83$ К, $\Delta T_c = 5 - 7$ К. Параметр элементарной ячейки c пленок составлял 1,17 - 1,175 нм, вертикальная разориентировка зерен не превышала $1 - 2^\circ$. Верхний электрод напылялся через маску термическим испарением. Были сформированы контакты планарного типа, в которых ток протекал перпендикулярно Cu-O-слоям и краевого типа, с протеканием тока вдоль Cu-O-плоскостей. ВАХ обоих типов контактов асимметричны и соответствуют P -типу носителей заряда в ВТСП, определяемого по знаку выпрямляющего эффекта контакта³.

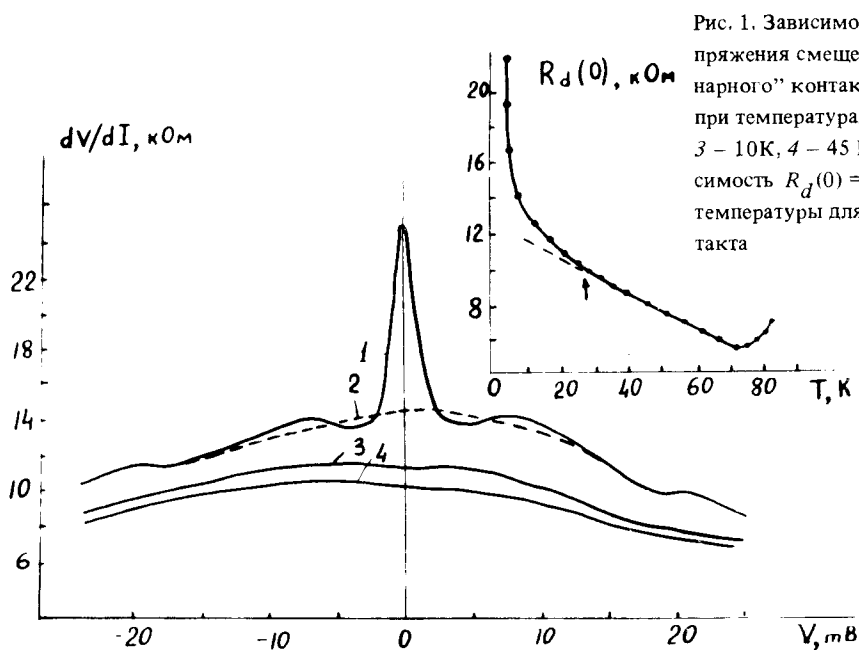


Рис. 1. Зависимость dV/dI от напряжения смещения для "планарного" контакта $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ -Pb при температурах: 1 - 4,2 К, 2 - 8 К, 3 - 10 К, 4 - 45 К. На вставке: зависимость $R_d(0) = dV/dI(V=0)$ от температуры для "планарного" контакта

На рис. 1 представлена зависимость $R_d = dV/dI$ от напряжения смещения при различных температурах для планарного перехода $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ - Pb. Минимум при малых напряжениях связан, по-видимому, со щелевым максимумом плотности состояний Pb, т. к. не разрешается при температуре выше $T_c(\text{Pb})$. Минимум при $V \sim 20$ мВ слабо зависит от температуры при $T < 20$ К и отражает пик плотности состояний $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$. Увеличение сопротивления при нулевом смещении $R_d(0)$ при понижении температуры (рис. 1, вставка) свидетельствует о туннельном механизме протекания тока в планарном контакте. Аналогичный вид имели контакты с сопротивлением $R_d \sim 100 \text{ Ом} - 10 \text{ кОм}$ при $V \sim 30$ мВ и верхним электродом из Pt, In.

Отличительной особенностью $R_d(V)$ краевых переходов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ - Pb (рис. 2) является наличие минимума при $V \rightarrow 0$, существование которого обычно связывают с микрозакороткой. В нашем случае при понижении температуры ниже $T_c(\text{Pb})$ наблюдается резкое возрастание $R_d(0)$. (рис. 2, вставка) и превращение характеристики при $T \ll T_c(\text{Pb})$ в типичную для $S_1 - I - S_2$ -контакта. Таким образом, в данных контактах отсутствует микрозакоротка и ток протекает через туннельный барьер.

При $T < T_c(\text{Pb})$ провал $R_d(V)$ при малых напряжениях постепенно исчезает с понижением температуры (рис. 2, кривые 3 – 2 – 1), что связано с увеличением энергетической щели $\Delta(T)/\text{Pb}$. Такое поведение провала $R_d(V)$, наблюдаемого на туннельных характеристиках, указывает на наличие узкого максимума плотности состояний ВТСП вблизи уровня Ферми ($V = 0$). Различие $R_d(V)$ краевых и планарных переходов можно связать с анизотропией плотности состояний относительно $\text{Cu} - \text{O}$ -плоскостей.

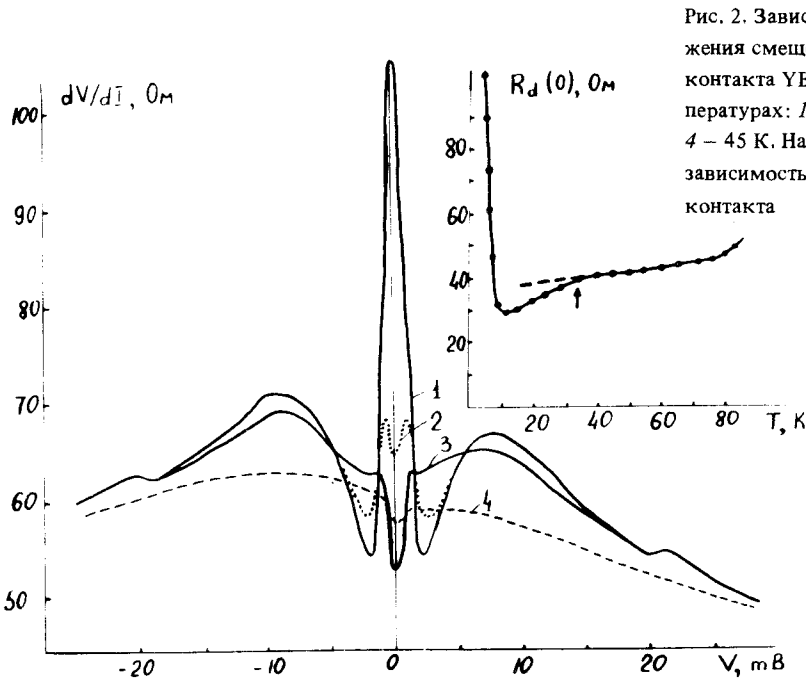


Рис. 2. Зависимость dV/dI от напряжения смещения для "краевого" контакта $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x - \text{Pb}$ при температурах: 1 – 4,2 К, 2 – 6 К, 3 – 10 К, 4 – 45 К. На вставке: температурная зависимость $R_d(0)$ для "краевого" контакта

Исследование температурной зависимости $R_d(0)$ дает возможность определить характер изменения энергетических параметров сверхпроводника. Для планарных переходов $R_d(0) = R_0$ возрастает при понижении температуры, в то время как для краевых переходов характерно уменьшение $R_d(0)$. При $T < 30$ К резкое уменьшение $R_0(T)$ для краевого перехода коррелирует с быстрым увеличением $R_0(T)$ для планарного перехода. Немонотонное изменение $R_0(T)$ было отмечено нами и на керамических образцах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ³. Такие изменения $R_0(T)$ для планарных и краевых контактов свидетельствуют о перестройке электронного спектра при $T \sim 30$ К и существовании корреляций температурного изменения плотности состояний вдоль $\text{Cu} - \text{O}$ -плоскостей и перпендикулярно им.

Вышеуказанные особенности спектра плотности состояний указывают на возможность реализации в ВТСП новых механизмов сверхпроводящего упорядочения.

Авторы выражают благодарность В.Г.Барьяхтару, В.М.Пану и И.П.Невирковцу за проявленный интерес к работе и полезные замечания, В.М.Мухортову за предоставление образцов.

Литература

1. Kirtley J.R. et al. In: Proc. Int. Conf. Low Temp. Phys. LT-18, Kyoto, 1987, p. 998.
2. Мухортов В.М. и др. *Металлофизика*, 1988, 10, 99.
3. Барьяхтар В.Г. и др. *ФНТ*, 1987, 13, 870.