

II ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Тезисы докладов
Киев, 25-29 сентября 1989 г.

Том II
Секции

Электродинамика ВТСП (ЭД)
Спектроскопия ВТСП, резонансные явления (С)
Контактные явления (К)
Получение и свойства монокристаллов и
ориентированных пленок ВТСП (ПМ)

3. подавление сверхпроводимости электродов за счет эффекта близости и протекающим по ним сверхтоком мало, т.е.

$$\gamma_N = \frac{\rho_N \xi_N^*}{\rho_N \xi_N^*} \frac{d_N}{\xi_N^*} \approx (1 + \gamma_B) \left[1 - \frac{T}{T_C} \right]^{\frac{1}{2}} \begin{cases} \min(1, \gamma_B); & \gamma_B > \min(1, L/\xi_N^*) \\ \gamma_B^{1/2} (L/\xi_N^*); & \gamma_B < \min(1, L/\xi_N^*) \end{cases} \quad (2)$$

$\gamma_B = R_B d_N / \rho_N \xi_N^*$ - характеризует прозрачность SN-границы [4].

Поскольку при выполнении перечисленных выше условий параметр порядка сверхпроводника Δ пространственно однороден, результаты развитой теории будут справедливы и в случае электродов из анизотропных высокотемпературных сверхпроводников при условии что зависимость $\Delta(T)$ такая же, как и в теории БКШ.

2. Результаты.

В рамках предложенной модели выведены уравнения, описывающие процессы в N-плёнке мостика, и рассмотрены предельные случаи границ малой прозрачности и коротких ($L \ll \xi_N^*$) длин слабой связи, определено сопротивление перехода в нормальном состоянии и величина α :

$$R_N = (\rho_N / w d_N) (L + 2 \xi_N^* \gamma_B^{1/2}); \quad \alpha = \xi_N^* \gamma_B^{1/2} \quad (3)$$

Показано, что с уменьшением прозрачности границ (ростом γ_B) область слабой связи дelokализуется, т.е. ее эффективный размер $\tilde{L} = L + 2 \alpha \min(1, [(1 + \gamma_B) T / T_C]^{-1/2})$ становится зависящим от γ_B . В практически наиболее важном приближении больших $\gamma_B \gg T_C / T$ характерное напряжение V_C падает обратно пропорционально $\gamma_B^{3/2}$:

$$V_C = \begin{cases} (\pi^2 T_C / 4e) (T_C / T)^{1/2} \gamma_B^{-3/2} [1 - (2T/\Delta) \tanh(\Delta/2T)], & L \ll \xi_N^* \\ \frac{4(L + 2\alpha) \Delta^2 \pi^2 \exp(-L/\xi_N^*)}{8e T \xi_N^* \{(\pi T + \gamma [(\pi T)^2 + \Delta^2]^{1/2})^2 (1 + T/T_C)\}^2}, & L \gg \xi_N^* \end{cases} \quad (4)$$

Путем сравнения полученных результатов с данными эксперимента [1] оценено значение $\gamma_B \approx 170$, используя которое из (3) можно получить $R_N \approx 0.14 \Omega$, что всего в 2,5 раза меньше экспериментального значения (330Ω).

1. Schwarts D.B., et al. // IEEE Trans. on magn. - 1983. - MAG-25, N2.
2. Akon H., et al. // Jap. J. Appl. Phys. - 1988. - 24, N 4, P. 1519.
3. Mizushima K., et al. // Appl. Phys. Lett. - 1988. - 52, N 13, P. 1101.
4. Куприянов М.Д., Лукичев В.Ф. // ЖЭТФ, 94, Вып. 6, С. 139.

К 14 ЭФФЕКТ ДЖОЗЕФСОНА В SNS МОСТИКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ С МАЛОПРОЗРАЧНЫМИ ГРАНИЦАМИ.

Куприянов М.Ю.

Физический факультет МГУ, г. Москва.

Возможность использования высокотемпературных сверхпроводников в качестве сверхпроводящих электродов джозефсоновских структур вновь привлекает интерес к слабым связям типа SN-N-NS мостик переменной толщины. В значительной степени это обусловлено необходимостью высокотемпературного отжига сверхпроводящих электродов, который должен приводить к серьезным трудностям при изготовлении переходов непланарного типа и может сопровождаться как неконтролируемыми изменениями размеров области слабой связи, так и ухудшением сверхпроводимости электродов вблизи их границ с материалом слабой связи. Технология изготовления планарных SN-N-NS мостиков переменной толщины допускает напыление нормальной пленки мостика после процесса отжига электродов и обработки их поверхности [1]. Вследствие высокой химической активности ВТСП-материалов в качестве N-пленки могут быть использованы лишь пленки серебра или золота. Образующаяся при этом граница раздела YBCO/Ag или Au имеет конечное сопротивление, типичные значения которого не ниже $R_B \approx 10^{-8} - 10^{-10} \Omega \text{ см}^2$ [1-3]. Целью данной работы является построение теории, описывающей процессы в SN-N-NS мостиках переменной толщины с границами конечной прозрачности.

1. Модель перехода и ее описание.

Расчеты сопротивления мостике в нормальном состоянии R_N и характерного напряжения V_C проведены при следующих предположениях:

1. для N-металла выполнены условия "грязного предела" и его критическая температура равна нулю;
2. ширина N-пленки w и толщины d_N и d_B образующих переход пленок удовлетворяют неравенствам:

$$d_N \ll L, \rho_N d_B / \rho_B \gg \xi_N^*, d_N \ll \lambda_J, d_B \approx \xi_B, \quad (1)$$

где λ_J - джозефсоновская глубина проникновения, $\xi_{N,S}^*$ и $\rho_{N,S}$ - длины когерентности и удельные сопротивления N- и S-металлов, ξ - глубина затекания нормального тока в N-пленку составного SN-электрода при $T > T_C$; L - длина мостика.

$$d_S \gg \xi_S, \quad d_N \ll \xi_N. \quad (1)$$

где $d_{N,S}$ и $\xi_{N,S}$ - толщины и длины когерентности S и N металлов. Для вычисления плотностей состояний в электродах решались аналитически продолженные уравнения Узадела. Показано, что эффект близости в NS сэндвиче определяется параметрами [5,6]:

$$\gamma_M = \frac{\rho_S \xi_S}{\rho_N \xi_N} \frac{d_N}{\xi_N}, \quad \gamma_B = \frac{R_{TP}}{\rho_N \xi_N} \frac{d_N}{\xi_N}. \quad (2)$$

где $\rho_{N,S}$ - удельные сопротивления N и S металлов в нормальном состоянии, R_{TP} - произведение сопротивления NS границы на ее площадь. Расчеты показывают, что отличие от нуля сопротивления NS границы приводит к появлению ряда особенностей на ВАХ структур SNIS типа, обусловленных сложной структурой плотности состояний в N слое составного NS электрода, а также к подавлению критического тока переходов и уменьшению величины $V_C = I_C R_0$.

Последнее обстоятельство делает практически бесперспективными туннельные структуры SNIS и SNIS' типа с ВТСП электродами. Действительно, анализ экспериментальных данных [4] дает значения параметров $\gamma_B > 100$ и $\gamma_M > 10$, что приводит к сильному подавлению критического тока и не позволяют достичь оптимальных значений V_C . Однако, из полученных результатов следует, что туннельные переходы высокого качества на основе ВТСП материалов можно получить, выделив из поликристаллической пленки туннельные структуры, образованные естественными границами зерен больших размеров [7].

1. Wagener T.W., Gao Y., Vitomirov I.M. //Phys.Rev.B. 1988. 38. С.232.
2. Ren C.X., Chen G.L., et.al. //IEEE Trans. Magn. 1989. 25. No.2.
3. Inoue A., Takeuchi K., Ito H. //Jap.J.Appl.Phys. 1987. 26. P.11443.
4. Mizushima K., Sagoi M., Miura T. //Jap.J.Appl.Phys. 1988. 27. P.11489.
5. Golubov A.A., Kupriyanov M.Yu. //J.Low Temp.Phys. 1988. 70. P.83.
6. Kupriyanov M.Yu., Лукичев В.Ф. //ЖЭТФ. 1988. 94. В.6. С.139.
7. Mannheim J., Chaudhari P., Dimos D., et.al. //Phys.Rev.Lett. 1988. 61. P.2476.

ЭФФЕКТ ДЖОЗЕФОНА В SNIS И SNIS' ТУННЕЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ К 15 С КОНЕЧНОЙ ПРОЗРАЧНОСТЬЮ NS ГРАНИЦ

А.А.Голубов (ИФТТ АН СССР, Черноголовка)
М.Ю.Куприянов (МГУ, Москва)

Попытки использования стандартной технологии изготовления туннельных джозефсоновских структур для создания переходов с ВТСП электродами встретили целый ряд трудностей. Высокая химическая активность металлооксидных сверхпроводников способствует протеканию химических реакций на границе ВТСП как с традиционно используемыми в микроэлектронике диэлектриками: Nb_2O_5 , Al_2O_3 , SiO , SiO_2 , MgO , ZrO_2 , $SrTiO_3$, Si , так и практически со всеми нормальными металлами за исключением Ag и Au [1]. Кроме того, отжиг приводит к интенсивной взаимной диффузии [2], приводящей к структурным изменениям в широкой (порядка 0,5 μ) приграничной области. Один из выходов из создавшегося положения лежит в создании буферных слоев из химически менее активных материалов Ag, Au между ВТСП пленкой и слоем диэлектрика. Использование слоев Ag и Au в туннельных структурах $YBaCuO/Au/AlO_x/Nb$ [3], $YBaCuO/Ag/PbO_x/Pb$ [4] позволило получить переходы с заметным значением критического тока и характерным напряжением $V_C > 0,04$ мВ. Однако, граница $YBaCuO/(Ag,Au)$ имеет конечное сопротивление, типичное значение которого лежит в диапазоне $R_{TP} \sim 10^{-8} - 10^{-10}$ Ом $см^2$ [4].

Таким образом, современный уровень развития технологии ВТСП материалов позволяет создать на их основе туннельные переходы SNIS или SNIS' типа, где S' - обычный сверхпроводник, причем SN границы таких структур могут иметь произвольную прозрачность. В данной работе построена микроскопическая теория эффекта Джозефсона в таких структурах и определены условия, при выполнении которых не происходит разрушение сверхпроводимости S материала вследствие эффекта близости с N металлом. Предполагается, что один или оба электрода туннельного джозефсоновского контакта представляют собой SN сэндвич, для S и N материалов выполнены условия грязного предела, а критическая температура N металла равна нулю. Рассмотрен практически наиболее важный случай