

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ТУННЕЛЬНЫЙ ТОК СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Н.В.Заварицкий, В.Н.Григорьев

В работе исследовалось влияние магнитного рассеяния на туннельный ток сверхпроводников. Рассеивающие магнитные примеси наносились на слой изолятора туннельного перехода со стороны исследуемого сверхпроводящего металла. При приготовлении переходов использовались маски из диэлектрика, обеспечивающие постоянство толщины исследуемых пленок. Слой изоляции создавался окислением пленки алюминия, что позволяло по характеристикам алюминия контролировать качество перехода, проводя измерения при температурах $\sim 1^\circ\text{K}$. В качестве рассеивающих магнитных примесей использовалось железо. В опыте готовилась одновременно серия переходов с количеством магнитных примесей, изменявшимся в 1,5 – 2 раза. Исследуемыми сверхпроводниками являлись олово и свинец. Толщина пленок рассчитывалась по потере веса испарителя и составляла для алюминия 500 Å, для железа 0,1 – 5 Å, для олова 3000 Å, для свинца 2000 Å.

В ходе приготовления образцов, после окисления алюминия, вакуум в системе не нарушался, давление было меньше 10^{-6} тор.

В опыте, как и в [1], записывались в основном $dV/dI \equiv R(V)$ характеристики образцов.

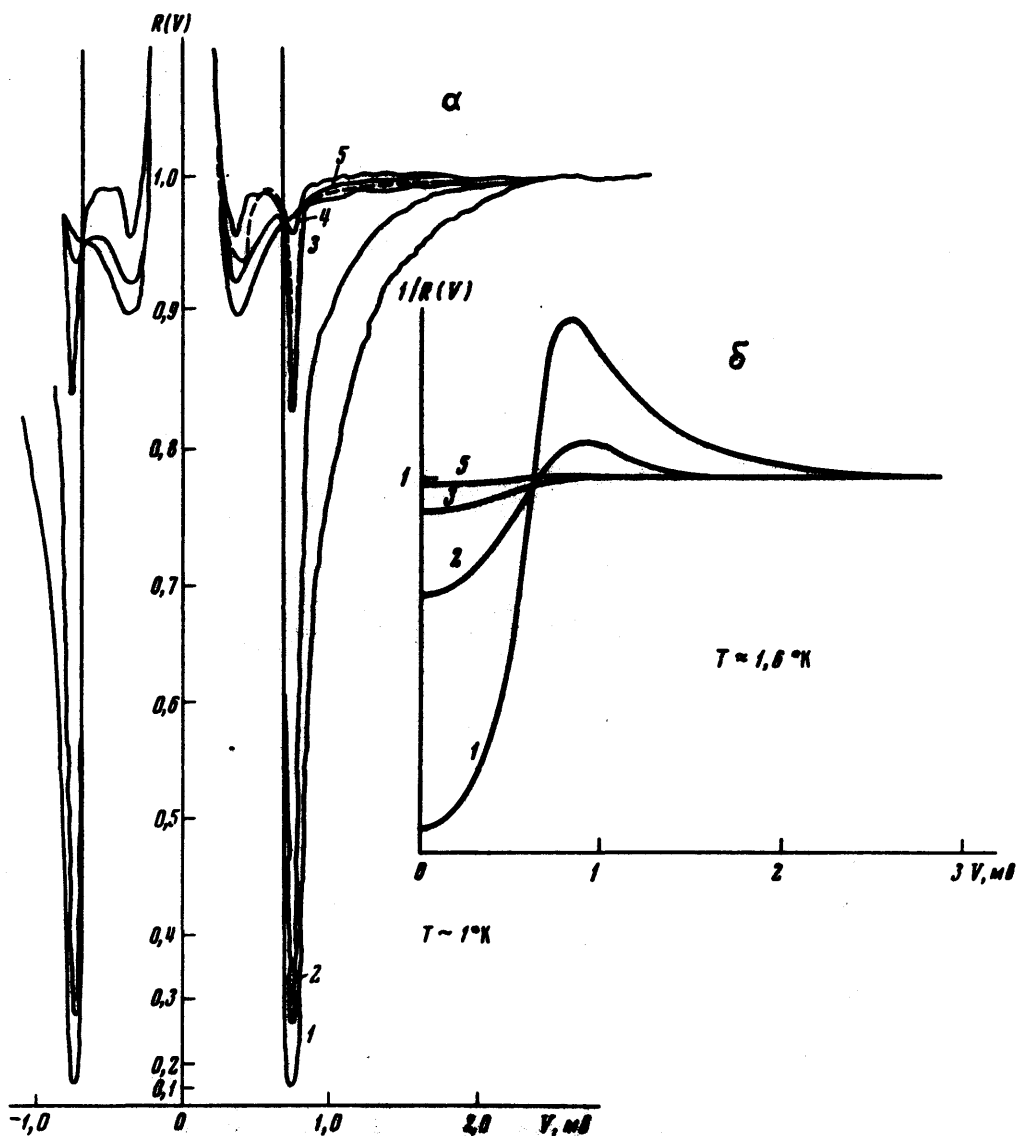


Рис.1. $R(V)$ и $1/R(V)$ характеристики туннельных переходов Al-I-Fe-Sn с различным количеством железа: 1 - 0,0Å, 2 - 1,5Å, 3 - 2,2Å, 4 - 3Å, 5 - 3,8Å. Пунктиром изображена расчетная кривая для $\sigma_n = 0,975$

На рис.1 представлены результаты, полученные для образцов $\text{Al-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe-Sn}$ с различным количеством примеси. Как видно из этого рисунка, наличие магнитных примесей приводит лишь к уменьшению всех особенностей $R(V)$ характеристик туннельного перехода.

У образцов не наблюдается заметного смещения или размазывания особенностей вплоть до полного их исчезновения при большом количестве примеси. Особенно отчетливо это можно проследить по местоположению особенностей, связанных с энергетической щелью. Аналогичные результаты получены и для свинца.

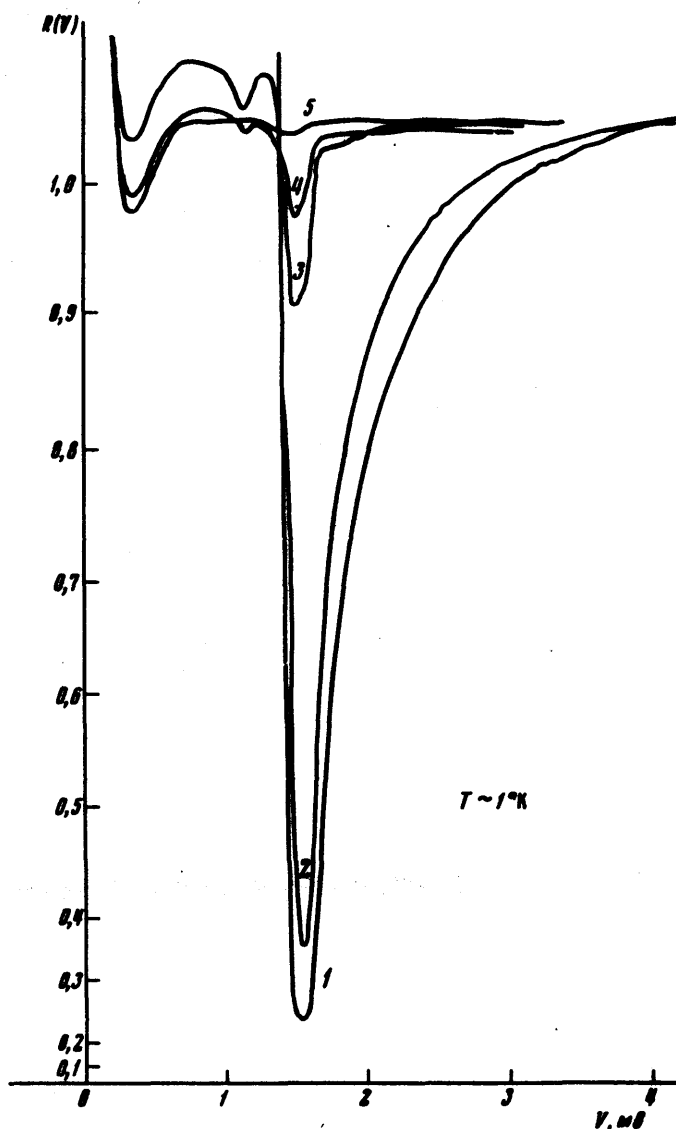


Рис.2. $R(V)$ характеристики туннельных переходов Al-I-Fe-Pb с различным количеством железа: 1 - $0,0\text{\AA}$, 2 - $0,15\text{\AA}$, 3 - $0,35\text{\AA}$, 4 - $0,55\text{\AA}$, 5 - $0,75\text{\AA}$

Подобные результаты не наблюдались ранее ни в одном из известных нам многочисленных исследований влияния магнитных примесей на туннельный ток сверхпроводников [2]. Связано это с тем, что магнитные примеси обычно внедрялись в толщу металла и изменяли в первую очередь состояние всей сверхпроводящей системы.

Как известно, взаимодействие с магнитным моментом вызывает разрушение сверхпроводящей пары. Будем рассматривать экспериментальные результаты в простейшем предположении, что наличие магнитных примесей приводит к тому, что сверхпроводящие характеристики проявляются лишь на части площади контакта σ_S , в то время как остальная часть контакта $\sigma_n = 1 - \sigma_S$ работает как нормальный металл.

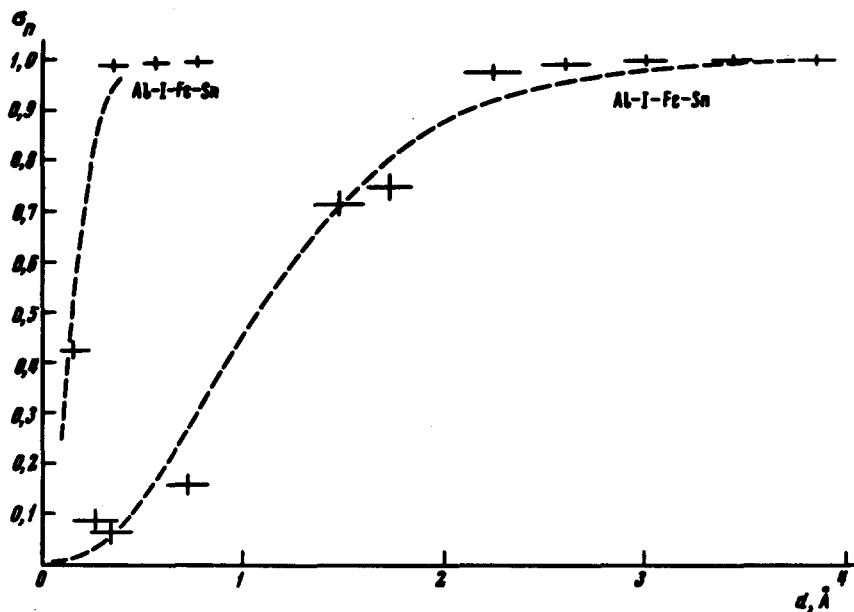


Рис.3. Зависимость σ_n от количества железа

Тогда

$$\frac{1}{\rho(V)} = \frac{1 - \sigma_n}{\rho_S(V)} + \frac{\sigma_n}{\rho_n(V)}, \quad (1)$$

где $\rho_S(V)$ – удельное сопротивление перехода типа $Al-I-S$, где S – сверхпроводник (Sn или Pb), $\rho_n(V)$ – удельное сопротивление перехода типа $Al-I-M$, M – нормальный металл,

$$\rho_S(V) = \frac{R_{SS}(V)}{R_{NN}}, \quad \rho_n(V) = \frac{R_{SN}(V)}{R_{NN}}$$

Оказалось, что можно выбрать такие значения σ_n , что расчетная кривая $R(V)$ будет удовлетворительно совпадать с экспериментальной, в предположении $\rho_S(\infty) = \rho_n(\infty)$ (см. рис.1).

На рис.3 представлена зависимость σ_n от расчетной толщины пленки железа d . Для толщин d менее 1 \AA , где возможная ошибка в абсолютном значении могла достигать 30%, приведены данные, усредненные по всем образцам одной серии. Полученные данные позволяют оце-

нить радиус рассеяния r_S электронов на магнитных примесях. Для системы FeSn $r_S = 3 \pm 1 \text{ \AA}$, для системы FePb $r_S = 8 \pm 2 \text{ \AA}$.

Столь сильное изменение характеристик туннельного перехода, как показанное на рис.1 и 2, может наблюдаться лишь при рассеянии электронов на магнитных примесях. В том случае, когда вместо железа используется немагнитный металл, резкого изменения характеристик не наблюдается вплоть до толщин $\sim 100 \text{ \AA}$. Наблюдаемые в этом случае изменения хорошо описываются с точки зрения эффекта "близости" [3, 4]. Тем самым, использованный метод позволяет по изменению сверхпроводящих характеристик обнаружить присутствие малого количества магнитных металлических примесей на переходе. Как следует из кривых рис.3, магнитный момент обнаруживается у слоев железа толщиной менее $0,5 \text{ \AA}$, находящихся в контакте с оловом или свинцом.

Интересно отметить, что в нормальном состоянии металла (в поле $H > H_c$ или при $T > T_c$) нами не было обнаружено признаков наличия каких-либо гигантских аномалий при $V = 0$, которые в последние годы связывались в ряде теоретических и экспериментальных работ с рассеянием электронов на магнитных примесях [5-7].

Авторы благодарны А.А.Абрикосову и О.Чаишвили за дискуссии.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16 июня 1971 г.

Литература

- [1] Н.В.Заварицкий. ЖЭТФ, 43, 1123, 1962.
- [2] F.Reif, M.A.Woolf. Phys. Rev. Lett., 9, 315, 1862; M.A.Woolf, F.Reif. Phys. Rev., 137, A557, 1965.
- [3] S.M.Freake, C.J.Adkins. Phys. Lett., 29A, 382, 1969.
- [4] C.J.Adkins, B.W.Kington. Phys. Rev., 177, 777, 1969.
- [5] J.E.Christopher, R.V.Coleman, Acau Isin, R.C.Morris. Phys. Rev., 172, 485, 1968.
- [6] J.Sólyon, A.Zavadowski. J. Appl. Phys., 39, 705, 1968.
- [7] Appelbaum et al. Phys. Rev., 160, 554, 1967.