

НАБЛЮДЕНИЕ ФОНОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА В ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТОЧЕЧНЫХ КОНТАКТОВ СВЕРХПРОВОДНИК – НОРМАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛ С ИЗБЫТОЧНЫМ ТОКОМ

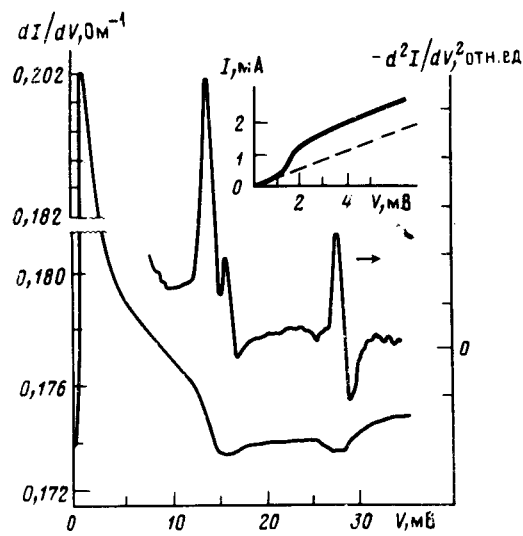
А.А.Захаров, М.Б.Цетлин

Для точечных контактов Tc – Ag экспериментально показано, что при сильном рассогласовании скоростей Ферми на $S - N$ границе даже в случае отсутствия изолирующего барьера на производных ВАХ наблюдаются четкие фононные особенности, связанные с туннельной плотностью состояний сверхпроводника.

Характеристики контактов, полученных соприкосновением сверхпроводника и нормального металла ($S - N$ контакты), могут изменяться от туннельных с щелевой особенностью до характеристик идеального точечного контакта с избыточным током, соответствующим теоретической величине (мы будем называть их чистыми микроконтактами) ^{1,2}. Как известно, на производных вольт-амперных характеристиках (ВАХ) туннельных контактов в области напряжений в несколько десятков милливольт проявляются особенности плотности состояний сверхпроводника, по которым может быть восстановлена функция электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) Элиашберга ³. Вклад ЭФВ в формирование ВАХ чистых микроконтактов определяется процессами неупругого рассеяния электронов на большие углы; измеряя d^2I/dV^2 чистых микроконтактов, можно получить микроконтактную функцию ЭФВ ^{4,5}. Вопрос о том, как на ВАХ контактов промежуточного типа будут проявляться особенности

ЭФВ сверхпроводника до сих пор теоретически не рассматривался, отсутствуют и экспериментальные данные. Целью настоящей работы является исследование точечных контактов технеций – серебро промежуточного типа в области напряжений, отвечающих фоновым энергиям.

В качестве сверхпроводящего электрода использовался шарик технеция, полученный методом дуговой плавки и отожженный в вакууме при 1000°C в течение 2 часов. Образец хранился в боксе, заполненной гелием и химической обработке не подвергался. Нормальным электродом служила серебряная проволока диаметром 1 мм, которая непосредственно перед измерениями травилась в разбавленной азотной кислоте. Контакт получался при помощи стандартной сдвиговой методики, используемой в микроконтактной спектроскопии ⁴. Исследовались $dI(V)/dV$, $d^2I(V)/dV^2$ такого контакта, причем калибровка первой производной производилась по магазину сопротивлений МСР-65. Измерения проводились при температуре 4,2 К.



dI/dV и $-d^2I/dV^2$ для точечного контакта Tc – Ag. Максимумы $-d^2I/dV^2$ расположены при 14,3 и 27,5 мВ. На вставке представлены вольт-амперная характеристика контакта и омическая ВАХ, параллельная ей при больших напряжениях

Характеристики точечного контакта Tc – Ag промежуточного типа представлены на рисунке. Вольт-амперная характеристика получена интегрированием первой производной и представлена на вставке к рисунку. Из ВАХ видно, что наряду с избыточным током, величина которого по нашим оценкам достигает половины теоретического значения для чистого микроконтакта, существует щелевая особенность туннельного типа. На dI/dV , d^2I/dV^2 четко видна структура, соответствующая пикам в фоновой плотности состояний технеция ⁶. Форма кривой dI/dV при $V > 10$ мВ аналогична виду энергетической зависимости сверхпроводящей плотности состояний, и проявление фоновых особенностей связано, по-видимому, с "туннельной составляющей" тока через контакт. Эта гипотеза подтверждается слабым возрастанием dI/dV с увеличением напряжения в области за фоновыми особенностями, что характерно для туннельных контактов. По виду характеристик при напряжениях до 10 мВ можно оценить "степень туннельности" контакта, определив величину эффективного потенциального барьера Z_{eff} . Согласно ¹, при $Z_{eff} > 10$ контакт является почти полностью туннельным, а при $Z_{eff} = 0$ реализуется случай чистого микроконтакта. Как показано в работе ²,

$$Z_{eff}^2 = Z^2 + (1 - r)^2 / 4r, \tag{1}$$

где Z – безразмерный параметр, характеризующий потенциальный барьер, обусловленный наличием изолирующей прослойки, а r – отношение фермиевских скоростей электронов сверхпроводника и нормального металла. Второй член в (1) связан с отражением электронов от $S - N$ границы, которое существует при $r \neq 1$ даже в отсутствие изолирующего барьера. Характеристики, приведенные на рисунке, соответствуют кривым, рассчитанным в ¹

для $Z_{eff} = 0,6$. Условия эксперимента практически полностью исключают возможность появления туннельного изолирующего слоя в наших контактах. Поэтому, положив в (1) $Z = 0$, получим для r^{-1} значение 3,1. Приняв по модели свободных электронов $v_F^{(Ag)} = 1,3 \cdot 10^8$ см/с, получим оценку для $v_F^{(Tc)} = 4,2 \cdot 10^7$ см/с. Это значение по порядку величины согласуется с данными работы ⁷, где дается $v_F^{(Tc)} = 2,4 \cdot 10^7$ см/с.

Рассматривая полученные результаты с точки зрения применения их для исследования спектров ЭФВ сверхпроводников, следует отметить, что четкость полученных особенностей соответствует лучшим спектрам, полученным с помощью обычных туннельных контактов, и, следовательно, спектроскопия ЭФВ с помощью $S - N$ контактов промежуточного типа может, наряду с туннельной и микроконтактной спектроскопией, найти самостоятельное применение, особенно для случая переходных металлов и сплавов на их основе, обладающих высокой плотностью состояний и малой скоростью Ферми.

Авторы благодарны О.А.Балаховскому за предоставление образцов технеция, а также М.Н.Михеевой и И.К.Янсону за обсуждение результатов работы.

Литература

1. *Blonder G.E., Tinkham M., Klapwijk T.M.* Phys. Rev., 1982, **B25**, 4515.
2. *Blonder G.E., Tinkham M.* Phys. Rev., 1983, **B27**, 112.
3. *Заварицкий Н.В.* УФН, 1972, 108, 241.
4. *Янсон И.К.* ФНТ, 1983, 9, 676.
5. *Хлюс В.А.* ФНТ, 1983, 9, 985.
6. *Захаров А.А., Землянов М.Г., Михеева М.Н., Сырых Г.Ф., Цетлин М.Б.* Материалы 23-го Всесоюзного совещания по физике низких температур НТ-23, Таллин, 1984, ч. II, с. 190.
7. *Sekula S.T., Kermohan R.H., Love G.R.* Phys. Rev., 1967, 155, 364.