

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТУННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ
ИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ С РЕШЕТКОЙ AI5

С. И. Веденеев, Г. П. Мотулевич

УДК 537.312.62

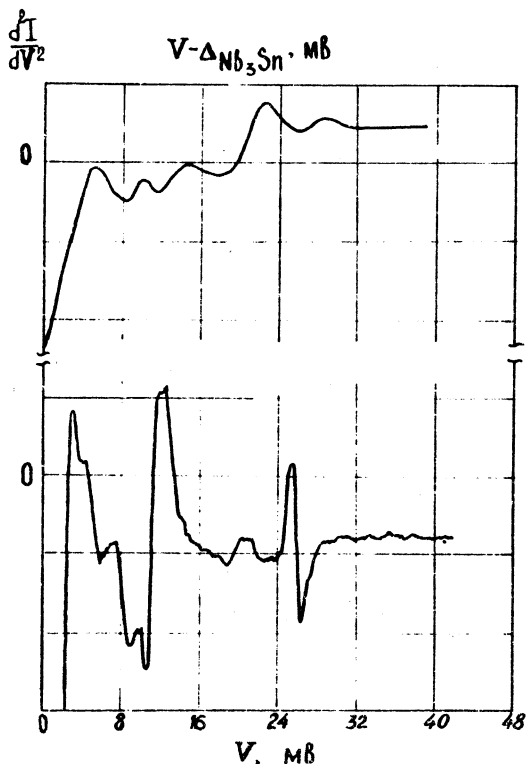
Показано, что вторая производная вольтамперных характеристик туннельных переходов с микромостиками из высокотемпературных сверхпроводников пропорциональна спектральной функции $g(\omega) = \alpha^2(\omega)F(\omega)$, которая обычно восстанавливается из туннельных данных численным решением уравнений Элиашберга. Результаты дают основание предположить, что электрон-фононное взаимодействие в сверхпроводниках с решеткой AI5 на высоких частотах фононов существенно больше, чем на низких.

Одной из основных характеристик электрон-фононного взаимодействия в сверхпроводниках является спектральная функция $g(\omega) = \alpha^2(\omega)F(\omega)$, где $F(\omega)$ — фононная плотность состояний, а $\alpha(\omega)$ — эффективная константа электрон-фононной связи при данной частоте ω . Функция $g(\omega)$ может быть определена с помощью метода туннельного эффекта. Однако, во-первых, при этом необходимо решать численным методом громоздкие уравнения Элиашберга, а во-вторых, далеко не всегда удается изготовить "хорошие" туннельные переходы (ТП), удовлетворяющие всем требованиям [1]. Особенно это относится к ТП на основе высокотемпературных сверхпроводников с решеткой типа AI5.

Финсон [2] предложил метод непосредственного экспериментального определения функции $g(\omega)$, относящейся к нормальному состоянию, с помощью исследования вольтамперных ($I-V$) характеристик ТП с искусственными микромостиками. Из-за рассеяния электронов проводимости в мостике на фононах дифференциальное сопротивление ТП в нормальном состоянии $R = dV/dI$ связано простой зависимостью с функцией $g(\omega)$.

Этот метод представляет большой интерес для туннельных исследований фононного спектра в сверхпроводниках с решеткой AI5,

поскольку методика напыления пленок таких сверхпроводников позволяет очень легко получить ТП с хорошими микромостиками. Такие мостики являются идеальными кристаллами, так как по существу



Р и с. 1. Зависимости $d^2I/dV^2(V)$ для туннельных переходов $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{Au}$:
 1 - обычного с оксидным туннельным барьером; 2 - с микромостиком
 через слой скин

они представляют собой висеры. В туннельном эксперименте под действием тока смещения мостик быстро переходит в нормальное состояние, тогда как пленки ТП остаются сверхпроводящими. Последнее очень существенно, поскольку чувствительность в данном случае по сравнению с /2/ повышается. Это связано с тем, что энер-

гия инжектируемых или прошедших электронов через мостик "задается" или "измеряется" резкой сингулярностью в плотности состояний электронов системы S-I-S (S-I-N).

На рис. I приведены кривые $d^2I/dV^2(V)$ для обычного ТП Nb_3Sn -окись-Au (кривая 1) и для ТП Nb_3Sn -Au¹ с микромостиком (кривая 2). (ТП с микромостиками легко отделить от обычных ТП по характеру I-V характеристик /3/). Если на первой кривой рис. I, которая является второй производной I-V характеристики ТП типа S-I-N, видны лишь грубые особенности $g(\omega)$, то на второй кривой, которая, по-видимому, пропорциональна функции $g(\omega)$ для сверхпроводника в нормальном состоянии /2/, видна и тонкая структура.

Представляет интерес провести качественное сравнение кривой 2 на рис. I с функцией $g(\omega)$, восстановленной на ЭМ из туннельных данных с помощью программы Макмиллана /4/. Такое сравнение показывает, что константа $\alpha^2(\omega)$, определяющая функцию $g(\omega)$, в сверхпроводящем Nb_3Sn , отнюдь не является константой и существенным образом зависит от частоты. Из-за отсутствия строгих соотношений, описывающих связь фононного спектра с I-V характеристиками мостиков, пока нельзя провести количественное сравнение двух функций $g(\omega)$, однако уже сейчас можно сказать, что в случае Nb_3Sn константа связи $\alpha^2(\omega)$ значительно возрастает с увеличением частоты фононов. Другими словами, если следовать /2/ и считать, что полученная зависимость $d^2I/dV^2(V)$ очень близка к функции $g(\omega)$ для нормального мостика из Nb_3Sn , то приводящее к сверхпроводимости электрон-фононное взаимодействие в Nb_3Sn оказывается существенно большим на высоких частотах, чем на обнаруженных в /5/ аномально низкочастотных фононных модах.

Поступила в редакцию
2 июля 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Д. М. Роузэлл. В сб. "Туннельные явления в твердых телах", "Мир", М., 1973 г.
2. И. К. Янсон. ЖЭТФ, 66, 1035 (1974).
3. С. И. Веденеев, А. И. Головашкин, Г. П. Мотулевич. Препринт ФИАН № 116, 1973 г.
4. С. И. Веденеев, А. И. Головашкин, Г. П. Мотулевич. Труды ФИАН, 86, 140 (1975).
5. С. И. Веденеев, А. И. Головашкин, Г. П. Мотулевич. Письма в ЖЭТФ, 16, 216 (1972).