

ОТРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОН-ФОНОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВАНАДИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ V – ОКИСЬ – Au.

С.И. Веденеев, А.В. Погребняков

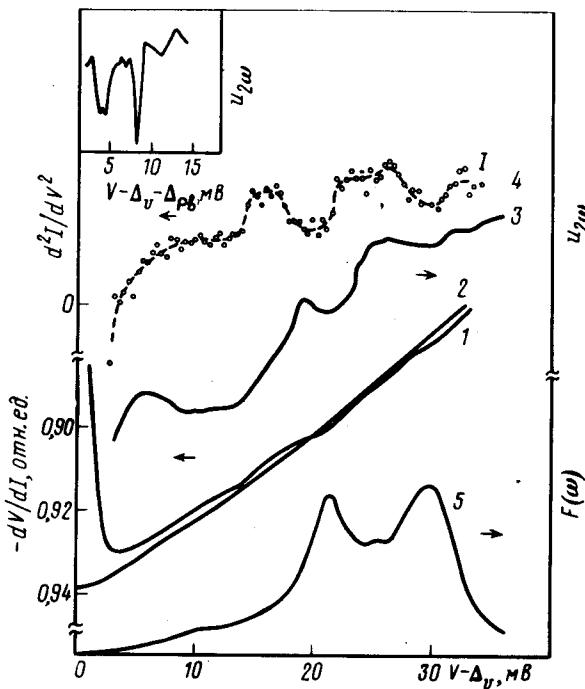
Исследованы характеристики пленочных туннельных переходов V – окись – Au. Положение минимумов на вторых производных вольт-амперных характеристик туннельных переходов согласуется с положением особенностей в плотности состояний фононов ванадия.

Известные трудности, встречающиеся при исследовании ванадия туннельным методом [1, 2, 3], предъявляют жесткие требования как к качеству образцов и чистоте их поверхности, так и к туннельному барьере в туннельных переходах (ТП). В данной работе сообщается об изучении первых и вторых производных вольт-амперных ($I - v$) характеристик пленочных ТП на основе ванадия с окисью ванадия в качестве туннельного барьера. Технология изготовления пленок V, их характеристики и результаты измерений энергетической щели, а также ее температурной зависимости, приведены в [4].

Для изучения структуры $I - v$ характеристик ТП в области фононных частот использовались пленки ванадия со следующими параметрами: $T_c = 5,1 - 5,25 \text{ K}$; $2\Delta(0)/k_B T_c = 3,5$; $R_{300 \text{ K}}/R_{6 \text{ K}} = 13 + 15$, где T_c – температура перехода в сверхпроводящее состояние, $\Delta(0)$ – энергетическая щель, k_B – постоянная Больцмана, а $R_{300 \text{ K}}$ и $R_{6 \text{ K}}$ – сопротивление пленок при 300 К и 6 К.

Были исследованы ТП типа V – окись – M, где вторым электродом (M) служили пленки Pb, Au или Ag. Несмотря на многочисленные попытки, нам не удалось получить ТП V – окись – Pb и V – окись – Ag с воспроизводимыми туннельными характеристиками в области фононных частот V (20 – 30 мВ). Так например, токи утечки в исследованных ТП

V – окись – Pb составляли $(7 + 8) \cdot 10^{-3}$ от туннельного тока, а на первых и вторых производных $I - v$ характеристиках ТП всегда наблюдалась структура, связанная с электрон-фононным взаимодействием (ЭФВ) в Pb (см. вставку на рис.). Сказанное выше свидетельствует о хорошем качестве пленок V и ТП с окисью V в качестве барьера, но, тем не менее, при напряжениях выше 15 – 20 мВ характеристики таких ТП не воспроизводились от образца к образцу с требуемой точностью. Более воспроизводимые характеристики имели ТП V – окись – Au . Ниже приводятся результаты исследований ТП этого типа.



Площадь ТП составляла величину $5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2$, а сопротивление ТП в нормальном состоянии было около 1 Ома. Следует отметить, что воспроизводимая структура, связанная с ЭФВ в V , наблюдалась лишь на характеристиках ТП, изготовленных на образцах с T_c выше 5,1 К, причем в тех случаях, когда время окисления пленок V на воздухе не превышало 50 мин. Однако, при отогреве от гелиевых температур до комнатной сопротивление даже лучших ТП значительно уменьшалось и они становились непригодными для дальнейших исследований, поскольку пропускание больших измерительных токов приводило к искажениям характеристик ТП. В связи с этим почти не удалось провести весь цикл необходимых измерений на каждом образце (т. е. измерить $I - v$ характеристику, первые произвольные ее с V в сверхпроводящем (S) и нормальном (N) состояниях и вторую производную). Основное внимание уделялось записи первых производных в S - и N -состояниях, поскольку

именно они несут основную информацию о туннельной плотности состояний. Для точного определения энергетического положения структуры, наблюдавшейся на первых производных $I - v$ характеристик ТП, наряду с экспериментальной записью зависимости сигнала второй гармоники $u_{2\omega}$ от напряжения, производилось численное дифференцирование всех экспериментальных первых производных $- dv/dI$ с последующим усреднением по всем кривым и всем образцам.

На рис. показаны зависимости первых производных в $S(1 - T = 1,45 \text{ K})$ и $N(2 - T = 6 \text{ K})$ состояниях от напряжения. Кривая 3 есть экспериментальная запись сигнала второй гармоники $u_{2\omega}$ (пропорционального d^2v/dI^2) при $T = 1,45 \text{ K}$, а кривая 4 – результат усреднения данных численного дифференцирования первых производных. На рис. приведена также плотность состояний фононов $F(\omega)$ в ванадии (5), полученная из нейтронных данных [5]. Воспроизводимость основной структуры на экспериментальных кривых 2, 3, относящихся кциальному образцу, и на усредненной кривой 4 (кривая 3 при усреднении не использовалась), а также совпадение положения минимумов при 20 и 30 мВ на кривых 3, 4 с положением максимумов в фононном спектре $F(\omega)$ ванадия позволяет предположить, что структура, наблюдаемая на характеристиках ТП V – окись – Au, отражает ЭФВ в ванадии.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
30 марта 1981 г.

Литература

- [1] I.K.Yanson, L.F.Rybalchenko. Phys. status solidi (a), **28**, 663, 1975.
- [2] И.К.Янсон, Л.Ф.Рыбальченко. ФНТ, **3**, 44, 1977.
- [3] P.Hausma, G.Rochlin. Bull. Amer. Phys. Soc., **17**, 46, 1972.
- [4] С.И.Веденеев, А.В.Погребняков. ФТТ, **20**, 2117, 1978.
- [5] Н.А.Черноплеков, Г.Х.Панова, А.П.Жернов. Труды Межд. конф. по физике и технике низких температур, Будапешт, 1973.