

НАБЛЮДЕНИЕ ЩЕЛЕВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПЛЕНОК СВЕРХПРОВОДНИКОВ ВТОРОГО РОДА

Ю.К. Антонов, А.И. Головашкин, А.Н. Лыков

УДК 537.312.62

При изучении перехода в сверхпроводящее состояние пленок из Nb и сплава Au - Pb - In обнаружено, что он сопровождается скачком напряжения, величина которого близка к удвоенному значению величины щели, деленному на заряд электрона.

В работах /1, 2/ показано, что в резистивном состоянии в сверхпроводящих пленках из "мягких" сверхпроводников возникают линии проскальзывания фазы или элементарные тепловые домены. Переход одного из этих доменов в сверхпроводящее состояние при уменьшении тока проявляется в виде скачка напряжения на вольтамперной характеристике (ВАХ). В работе /3/ обнаружено, что скачок напряжения равен удвоенной величине щели в спектре элементарных возбуждений сверхпроводника $\Delta(T)$, деленной на заряд электрона e .

В настоящей работе проведены измерения ВАХ пленок из Nb и сплава Au-Pb-In. Ниобиевые пленки pripravивали электронно-лучевым испарением в вакууме и осаждением на подложки, находившиеся при температуре 1073 К. Пленки сплава изготовляли по методике /4/ путем послышного термического напыления на подложки, находившиеся при комнатной температуре.

Параметры типичных образцов приведены в табл. 1, где L — длина образца; W — минимальная ширина; d — толщина; R_{300} и R_{10} — сопротивления образца при 300 и 10 К; P — остаточное давление при напылении; T_K — критическая температура сверхпроводящего перехода, определенная по зависимости критического тока от температуры.

Для измерения ВАХ использовалась электронная схема с медленной разверткой тока. В отдельных случаях характеристики измерялись на переменной частоте (до 2 кГц). При этом использовалась электронная схема, работающая в режиме генератора тока.

Параметры исследованных образцов

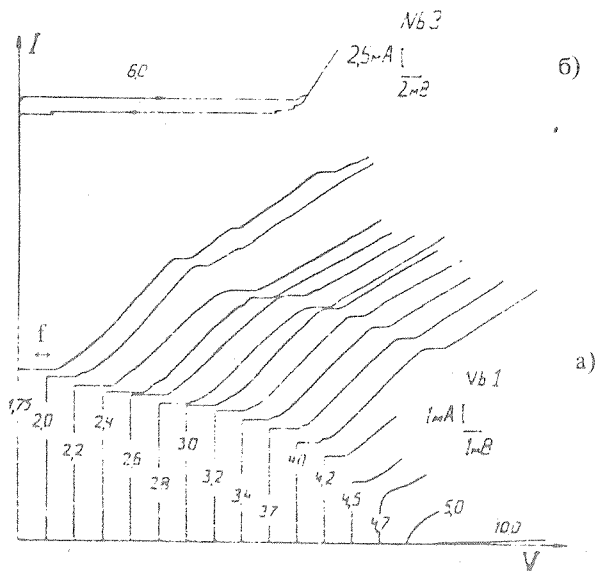
Образец	L, мм	W, мкм	d, нм	R ₃₀₀ , Ом	R ₁₀ , Ом	T _к , К	P, торр	Материал подложки
Nb 1	4,15	110	280	115,0	63,0	4,9	5·10 ⁻⁵	поликор
Nb 2	2,5	60	320	20,3	0,85	9,1	1·10 ⁻⁶	сапфир
Nb 3	2,5	100	320	10,3	0,41	9,1	1·10 ⁻⁶	сапфир
Nb 4	0,8	50	34	76,8	33,3	7,5	1·10 ⁻⁶	кварц
Au-Pb-In	5,24	50	710	47,4	16,3	5,9	7·10 ⁻⁶	кварц

Обнаружено, что ВАХ пленок (как и в работе /3/ для "мягких" материалов) разбивается на фрагменты, а переход в сверхпроводящее состояние при уменьшении тока смещения сопровождается скачком напряжения. На рис. 1 показаны семейства ВАХ для образцов Nb1 (а) и Nb3 (б), полученные при уменьшении тока (I). Видно плавное уменьшение скачка напряжения f при росте температуры. Перед скачком напряжения наблюдается отклонение зависимости V(I) от линейного закона, причем dV/dI при I → I_к на обратном ходе ВАХ увеличивается.

На рис. 2 точками показаны величины последнего скачка напряжения f(T) для образца Nb1, сплошная линия соответствует закону изменения величины щели в зависимости от температуры, следующему из теории БКШ. Величина щели полагалась равной $\Delta(0) = 1,9 kT_k$, где k – постоянная Больцмана /5/. Как видно из рис. 2, экспериментальные точки хорошо ложатся на теоретическую кривую.

Для пленок Nb, напыленных на сапфир, характеризующийся наибольшей теплопроводностью в интересующем нас диапазоне температур, как правило, наблюдается малый гистерезис ВАХ (рис. 1б). Однако и в этом случае для некоторых образцов наблюдались скачки напряжения, близкие к удвоенному значению величины щели (рис. 2, треугольники). Для пленок сплава Au-Pb-In получены экспериментальные данные, аналогичные результатам для Nb.

На ряде образцов обнаружены зависимости f(T), близкие к nΔ(T), где n – целое число. Особенно часто это наблюдалось для пленок Nb, напылен-

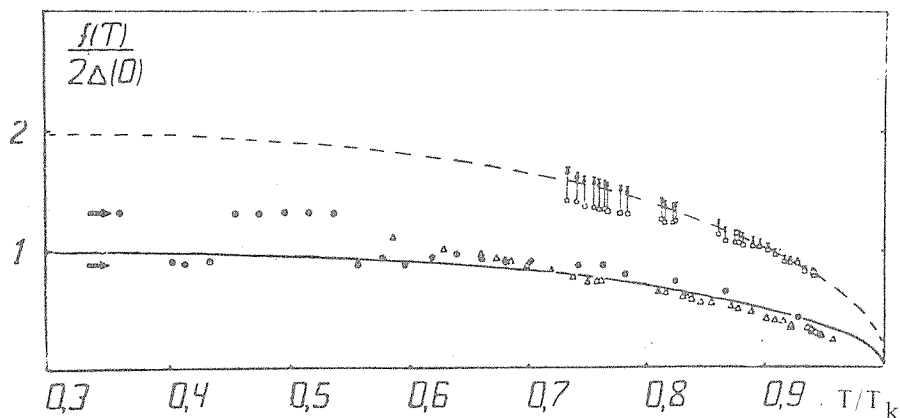


Р и с. 1. ВАХ образцов Nb1 и Nb3. Цифрами около кривых указана температура криостата в градусах Кельвина. Кривые для образца Nb1 для удобства смещены по оси абсцисс на равные отрезки.

ных на кварц, и для пленок сплава. На рис. 2 верхняя горизонтальная стрелка показывает величину $3/2$ от значения экспериментальной зависимости $f(0,35)$, отмеченного нижней стрелкой. На этом же рисунке приведен пример зависимости величины последнего скачка напряжения от температуры для пленки сплава Au-Pb-In (полагалось $\Delta(0) = 1,96 \text{ kT}_k / 6$). Вертикальными стрелками отмечены отклонения экспериментальных точек при учете перегрева образца по методике [3]. Видно совпадение экспериментальных данных с теоретической зависимостью $\Delta(T)$.

При воздействии на пленку тепловых или электрических флуктуаций срыв в сверхпроводящее состояние мог происходить и при больших токах. Для эффективной "борьбы" с флуктуациями и регистрации ступеньки с наименьшим значением тока использовалось измерение ВАХ на переменной частоте с помощью осциллографа.

По мнению авторов работы [3] скачок напряжения и связанный с ним переход в сверхпроводящее состояние начинаются, когда набранной при пролете через диссипативную область энергии электронов, образующих куперов-



Р и с. 2. Зависимость величины последнего скачка напряжения при переходе в сверхпроводящее состояние от температуры: \circ – Nb1, Δ – Nb2, \square – Au–Pb–In. Горизонтальные стрелки соответствуют экстраполяции экспериментальных зависимостей к $T/T_0 = 0.35$, вертикальные – смещению точек при учете перегрева образца. Сплошная линия – $\Delta(T)/\Delta(0)$ по БКШ, пунктир – $2\Delta(T)/\Delta(0)$.

скую пару, становится недостаточно для разрыва последней. Полученные результаты демонстрируют общность проявления неравновесных эффектов как на "мягких", так и на "жестких" сверхпроводниках второго рода и свидетельствуют о родственности процессов, происходящих в широких пленках и в узких сверхпроводящих каналах.

Возможность определения параметров спектра элементарных возбуждений по виду ВАХ сверхпроводящих пленок может быть использована при изучении сложных соединений, например, сверхпроводников с решеткой А-15.

Поступила в редакцию 7 июня 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волоцкая В.Г. и др. ФНТ, 7, 383 (1981).
2. Иванченко Ю.М., Михеенко П.Н. ЖЭТФ, 83, 684 (1982).
3. Иванченко Ю.М., Михеенко П.Н., Хирный В.Ф. ЖЭТФ. 80, 171 (1981).
4. Lahiri S.K., Basavaiah S. J. Appl. Phys., 49, 2880 (1978).
5. Shen L.Y.L. Preprint Bell Tel. Lab., New Jersey, USA. 1970, p. 14.
6. Greiner J.H. et al. IBM J. Res. and Dev., 24, № 2, 195 (1980).