

## ИЗУЧЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ СЛОИСТОЙ СИСТЕМЫ Nb-V

А. И. Голованкин, Г. Л. Мотулявич

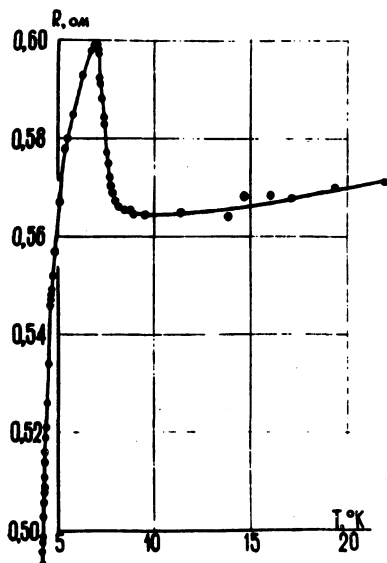
В последнее время большое внимание уделяется сверхпроводимости слоистых систем ("сандвичей") /1/. В настоящей работе исследованы сверхпроводящие свойства слоистых систем Nb-V. Было приготовлено две группы образцов сандвичей Nb-V. Эффективная толщина слоев первой группы составляла  $\sim 80 \text{ \AA}$ , второй  $\sim 15 \text{ \AA}$  (под эффективной толщиной мы понимаем среднюю толщину, определенную без учета возможной гранулярной структуры). Слои ванадия и ниобия имели приблизительно одинаковые толщины. Образцы содержали 10 - 16 слоев Nb и V и готовились с помощью испарения в вакууме  $5 \cdot 10^{-6}$  мм рт.ст. Испарение оболочек металлов проводилось электронным пучком /2/.

В качестве подложек использовались полированные рубиновые пластинки. Предварительно на подложку наносился сверхпроводящий слой ванадия толщиной 0,1 - 0,3 мк. При изготовлении сандвича подложки имели температуру  $250^\circ\text{C}$  и  $700 - 800^\circ\text{C}$ . Скорость осаждения составляла для ванадия  $\sim 2 \text{ \AA/сек}$ , для ниобия  $\sim 1 \text{ \AA/сек}$ . Сопротивление образца измерялось непрерывно во время его изготовления.

Толщина осажденных слоев оценивалась, во-первых, по весу испаренного металла и, во-вторых, по сопротивлению каждого слоя. Оценка толщины, полученная по весу, примерно в два раза превышала значение, найденное по сопротивлению слоя. За эффективную толщину принималось среднее арифметическое двух значений.

Для приготовленных образцов измерялась зависимость сопротивления от температуры  $R(T)$  в области  $2-30^\circ\text{K}$ . Сопротивление измерялось потенциометрическим методом. Для измерения  $T$  использовался термометр Аллен-Брадли.

Для образцов с толщинами слоев  $\sim 80 \text{ \AA}$  наблюдался максимум  $R(T)$  непосредственно перед началом перехода в сверхпроводящее состояние. Величина максимума составляла  $I - 5\%$  от остаточного сопротивления  $R_{ост}$ . Положение и величина максимума не зависе-



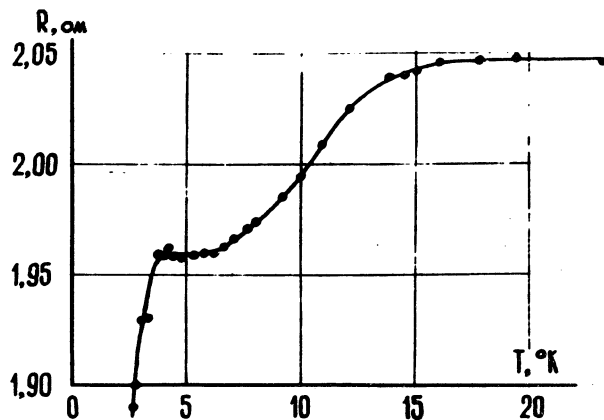
Р и с. 1. Зависимость сопротивления от температуры для сэндвича Nb-V. Толщина слоя  $80 \text{ \AA}$ , число слоев 12, температура подложки при изготовлении  $250^\circ\text{C}$ .

ли от величины измерительного тока. Максимум  $R(T)$  наблюдался для образцов, напыленных как при температуре подложки  $250^\circ\text{C}$ , так и при температуре  $700 - 800^\circ\text{C}$ . Положение максимума ( $7 - 7,5^\circ\text{K}$ ) и начало изменения сопротивления ( $8 - 8,5^\circ\text{K}$ ) указывают на то, что наблюдаемый максимум связан с ниобиевыми слоями.

На рис. 1 приведена зависимость  $R(T)$  в области  $T = 4 - 20^\circ\text{K}$  для одного из образцов с толщиной слоев  $80 \pm 30 \text{ \AA}$ . Для тонких пленок ниобия и ванадия, с толщинами, равными нескольким десятим микрона, такого максимума не обнаружено.

Аналогичные максимумы  $R(T)$  вблизи температуры перехода в сверхпроводящее состояние наблюдались ранее для тонких металли-

ческих пленок Al, In, Sn и Th /3/, толщина которых приблизительно равна длине когерентности. Возможно, что максимумы  $R(T)$ , наблюдаемые нами в сэндвичах Nb-V, также как и соответствующие максимумы в пленках указанных выше металлов, связаны с рас-



Р и с. 2. Зависимость сопротивления от температуры для сэндвичей Nb-V. Толщина слоя 15 Å, число слоев 16, температура подложки при изготовлении 700°C.

сеянием электронов на возникающих из-за флуктуаций сверхпроводящих областях /3/. Однако, теория /4/ таких максимумов не предсказывает.

Для образцов с толщиной  $\sim 15$  Å дополнительного максимума  $R(T)$  вблизи температуры перехода в сверхпроводящее состояние не наблюдалось. Для таких образцов обнаружена другая особенность: в них наблюдался двойной скачок сопротивления. Основной скачок  $R$  при  $T \approx 4 - 5^\circ\text{K}$ , величина изменения сопротивления при котором составляла 60 - 95 % от  $R_{\text{ост}}$ , связан с переходом в сверхпроводящее состояние ванадиевой подложки. Второй скачок  $R$  начинался при  $T \approx 15^\circ\text{K}$ . Для образцов с наименьшей толщиной слоев температура, соответствующая середине этого перехода, была выше  $10^\circ\text{K}$ . Величина изменения сопротивления для второго скачка в таких образцах составляла 3 - 5% от  $R_{\text{ост}}$ . Для примера на рис. 2 приведена зависимость  $R(T)$  в области второго перехода для одного из образцов с толщиной слоев  $15 \pm 10$  Å.

Мы полагаем, что наблюдавшийся нами скачок  $R$  в области  $10 - 15^{\circ}\text{K}$  связан с переходом в сверхпроводящее состояние исследуемой слоистой системы. То, что сопротивление образца при этом переходе не обращалось в нуль, связано, вероятно, с гранулированной структурой напыленных тонких пленок.

Критическая температура  $T_c$  чистых ниобия и ванадия и сплавов ниобия с ванадием, приготовленных металлургическим методом,  $\leq 9^{\circ}\text{K}$  /5/. Причина увеличения  $T_c$  в соединениях Nb-V, состоящих из тонких слоев, может быть связана с уменьшением параметра решетки ниобия, вызванным близостью ванадиевых слоев. Расстояние между ближайшими атомами ниобия в решетке массивного Nb равно  $2,86 \text{ \AA}$ . Соответствующее расстояние в решетке массивного ванадия  $2,62 \text{ \AA}$ . Следует отметить, что в сверхпроводниках Nb<sub>3</sub>Sa и Nb<sub>3</sub>Al с  $T_c > 18^{\circ}\text{K}$  расстояние между ближайшими атомами ниобия составляет  $2,64 \text{ \AA}$  и  $2,60 \text{ \AA}$  соответственно /6-7/.

Представляет интерес исследование структуры таких соединений. Однако, мы не располагали аппаратурой, которая позволила бы исследовать структуру пленок толщиной  $10-100 \text{ \AA}$ .

Поступила в редакцию  
16 июня 1972 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. В. Л. Гинзбург. УФН 95, 91 (1968); 101, 185 (1970).
2. А. И. Головашкин. А. А. Шубни. Препринт ФИАН № 65, 1969 г.
3. A. D. C. Grassie, D. B. Green. Phys. Letts., 31A, 135 (1970);  
J. S. Escher, D. M. Ginsburg. Phys. Rev., B3, 735 (1971);  
S. C. Bas, J. C. Swihart. Phys. Letts., 37A, 255 (1971).
4. Л. Г. Асламазов, А. И. Ларкин. ФТТ 10, 1104 (1968);  
S. Marcelja, W. E. Mckaer, R. D. Parks. Phys. Rev. Letts.,  
22, 124 (1969).
5. M. Ishikawa, L. E. Toth. Phys. Rev., B3, 1856 (1971).
6. Б. Робертс. В сб. Новые материалы и методы исследования металлов и сплавов, (ред. И. И. Корнилов). Изд. "Металлургия", М., 1966 г., стр. 9.
7. Сб. Сверхпроводящее соединение ниобий-олово (ред. В. В. Цыпидт). Изд. "Металлургия", М., 1970 г.