

ТЕМПЕРАТУРА ПЕРЕХОДА В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И СТРУКТУРА ПЛЕНОЧНЫХ ОБРАЗЦОВ МОЛИБДЕНА, ЛЕГИРОВАННОГО УГЛЕРОДОМ

В. М. Голянов, А. П. Демидов, М. Н. Михеева,
А. А. Теплов

При конденсации Мо на подложку, охлаждаемую жидким гелием [1], наблюдается значительное повышение температуры сверхпроводящего перехода ($T_K = 4 \div 6,7^\circ\text{K}$ по сравнению с $0,92^\circ\text{K}$ для массивного Мо). В пленках, приготовленных одновременным напылением Мо и SiO_2 , также обнаружено повышение T_K до $6,5^\circ\text{K}$, причем зависимость T_K от концентрации SiO_2 имеет вид кривой с максимумом. Отмечается, что Y (вместо SiO_2) оказывает такое же действие [2]. В той же работе было предположено, что причиной изменения T_K является наблюдавшееся уменьшение размера зерна при увеличении содержания примеси.

Нами исследованы свойства пленочных образцов молибдена, легированного углеродом. Образцы приготавливались методом катодного распыления при давлении $\sim 10^{-5}$ тор Кг [3 – 5]. Парциальное давление всех остаточных газов, кроме водорода, было не выше 10^{-10} тор, а парциальное давление водорода составляло $\sim 2 \cdot 10^{-9}$ тор.

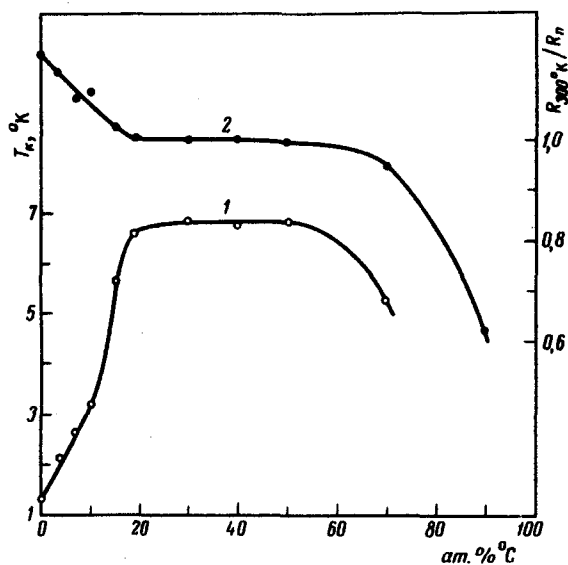
Пленки наносились на стеклянные подложки с платиновыми вводами. Подложки имели температуру жидкого азота.

Образцы приготавливались дослойным напылением чередующихся моноатомных слоев молибдена и соответствующей данной концентрации доли моноатомного слоя углерода. Скорость напыления молибдена составляла $\sim 7 \text{ \AA}/\text{мин}$, углерода – $\sim 2 \text{ \AA}/\text{мин}$.

Измерялось сопротивление образцов в зависимости от температуры. T_K определялась как температура, при которой $R = R_n/2$, где R_n – сопротивление образца в нормальном состоянии. Ширина перехода обычно составляла $0,2 - 0,3^\circ\text{K}$. Зависимость критической температуры образцов от концентрации углерода имеет вид кривой с пологим максимумом. На рисунке приведена такая кривая для пленок толщи-

ной $\sim 60 \text{ \AA}$. Максимум T_K лежит в области концентраций $20 \pm 50 \text{ ат.}\% \text{ С}$, при этом значение критической температуры доходит до $6,9 \pm 0,1^\circ \text{ К}$.

Такой же характер зависимости T_K от концентрации углерода наблюдался для образцов, приготовленных методом распыления мозаичных катодов. При этом распыление и конденсация Мо и С происходило одновременно, а состав образцов определялся геометрией катодов.



Зависимость критической температуры (кривая 1) и отношения сопротивлений $R_{300^\circ \text{ К}}/R_n$ (кривая 2) образцов системы Мо – С от концентрации углерода

Полученные результаты мало зависят от толщины пленок для толщин свыше 50 \AA . Подробно зависимость критической температуры от толщины исследовалась для концентрации $16 \text{ ат.}\% \text{ С}$. В этом случае для предотвращения окисления пленки покрывались углеродным слоем толщиной 20 \AA . В области толщин пленок $50 \pm 120 \text{ \AA}$ критическая температура слабо зависит от толщины. Резкое уменьшение T_K связанное, по-видимому, с термодинамическими флуктуациями, возникающими при переходе к двумерному случаю, начинается при толщинах, меньших 30 \AA . Ниже все данные будут приводиться для пленок, толщиной 60 \AA .

Сопротивление образцов возрастает с увеличением концентрации углерода. Отношение сопротивлений $R_{300^\circ \text{ К}}/R_n$ (где $R_{300^\circ \text{ К}}$ – сопротивление при комнатной температуре, R_n – сопротивление непосредственно после перехода в нормальное состояние) падает с повышением концентрации углерода от 1,2 для чистого молибдена до 0,95 для $70 \text{ ат.}\% \text{ С}$. Образец, содержащий $90 \text{ ат.}\% \text{ С}$ не переходил в сверхпроводящее состояние вплоть до $1,5^\circ \text{ К}$ и для него $R_{300^\circ \text{ К}}/R_{1,5^\circ \text{ К}} = 0,6$.

Следует отметить, что образцам с $R_{300^\circ \text{ К}}/R_n > 1$ соответствуют точки, лежащие слева от максимума кривой T_K (ат. % С), в то время как точкам справа от максимума соответствуют образцы с $R_{300^\circ \text{ К}}/R_n < 1$.

Электронномикроскопическое и электронографическое исследование образцов "на просвет" показало, что чистый Мо в условиях опыта кристаллизуется в виде поликристаллического материала, который имеет

зерно $\sim 70 \text{ \AA}$ и дает четкую дифракционную картину, соответствующую дифракции массивного Мо. При легировании Мо углеродом по мере увеличения его содержания наблюдается постепенное расширение дифракционных максимумов и увеличение параметра решетки, что свидетельствует о возникновении внутренних напряжений в материале. На электронограммах не обнаружено никаких дополнительных дифракционных максимумов, что указывает на отсутствие карбидов. Образцы легированного Мо при содержании С до ~ 20 ат. % имеют зерно, соответствующее чистому Мо. При увеличении содержания углерода выше ~ 30 ат. % зерно уменьшается до $\sim 10 \text{ \AA}$. И электронномикроскопические и электронографические исследования показали, что структура образцов, приготовленных методом послойного напыления Мо и С, соответствует структуре образцов, приготовленных методом одновременной конденсации Мо и С.

Сравнение полученных нами результатов с результатами работы [2] показывает, что в этих экспериментах вид примеси, добавляемой к Мо, мало влияет на характер зависимости T_K от ее содержания. Принимая во внимание, кроме того, данные по T_K пленок, напыленных при температуре жидкого гелия [1], можно считать весьма вероятным заключение, что основной причиной повышения T_K в этих случаях являются искажения кристаллической решетки молибдена. При этом в нашем случае не обнаружено корреляции между изменением T_K и размером зерна в области концентраций углерода, где имеет место возрастание критической температуры.

Авторы благодарят Н.А.Черноплекова и Б.Н.Самойлова за интерес и внимание к работе и И.А.Кубарева за помощь в усовершенствовании установки для приготовления образцов.

Поступила в редакцию
1 февраля 1972 г.

Литература

- [1] J.E.Crow, M.Strongin, R.S.Thompson, O.F.Kammerer. Phys. Lett., 30A, 161, 1969.
- [2] J.J.Hanak, J.Gittleman J.Pellicane, S.Bozowsky. Phys. Lett., 30A, 201, 1969.
- [3] В.М.Голянов. Исследования объектов, изменяющихся в процессе препарирования и наблюдения в электронном микроскопе. Материалы симпозиума, май, 1964, изд. Наука 1966, стр. 50, 81.
- [4] В.М.Голянов. Авт. свид. 179573. Бюллетень изобретений, 5, 1966.
- [5] В.М.Голянов, А.П.Демидов, М.Н.Михеева, А.А.Теплов, ЖЭТФ, 58, 528, 1970.