

СВОЙСТВА СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК Nb_3Si ,
ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИСПАРЕНИЯ В ВАКУУМЕ

И. С. Левченко

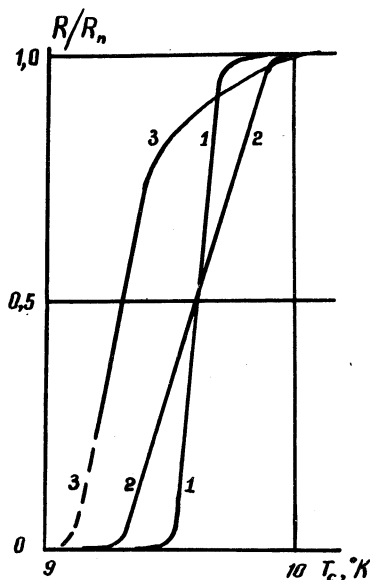
УДК 537.312.62

В работе исследовались пленки сплава Nb_3Si со структурой A15 , полученные с помощью испарения компонент в вакууме. Пленки Nb_3Si имели $T_C^{(H)} = 9,7\text{--}10,0^\circ\text{K}$ и $\Delta T \sim 0,2\text{--}0,7^\circ\text{K}$, что, превышает полученные ранее значения для пленок этого сплава.

По различным оценкам /1-3/ температура перехода в сверхпроводящее состояние T_C сплава Nb_3Si должна составлять $25\text{--}38^\circ\text{K}$. Эмпирическая зависимость T_C от постоянной решетки a , /4/ также предсказывает значение $T_C \approx 25^\circ\text{K}$, так как для Nb_3Si ожидается относительно малое значение a . /5/.

Тот факт, что до настоящего времени не получен сплав Nb_3Si со структурой A15 с высокой T_C металлургическим путем /6/, связан, очевидно, с особенностями фазовой диаграммы, как и для ряда сплавов с $T_C \gg 20^\circ\text{K}$. Примером могут служить Nb_3Ge , Nb_3Ga . При равномерном охлаждении этих сплавов от температуры расплава до комнатной получается структура A15 не с идеальным стехиометрическим составом, а с составом $\text{A}_{3-x}\text{B}_{1+x}$ (величина x меняется от сплава к сплаву и составляет 5 и более процентов), что резко понижает T_C сплава. Для получения же сплава стехиометрического состава применяют закалку из жидкого состояния со скоростью $10^5\text{--}10^6$ градусов/сек. Это позволило получить сплавы Nb_3Ge и Nb_3Ga с $T_C > 20^\circ\text{K}$ /7,13/. В последнее время такие сплавы стехиометрического состава и с высокими T_C удалось получить также катодным распылением /8,9/, химическим вакуумным осаждением /10,11/, напылением в вакууме /12/. Поэтому в настоящей работе мы попытались получить сплав Nb_3Si напылением в вакууме.

Изготовление пленок заключалось в одновременном испарении ниобия и кремния в вакууме $2 \cdot 10^{-6}$ - $2 \cdot 10^{-5}$ тор и осаждении на нагретые подложки. Ниобий испарялся электронным пучком [13],



Р и с. 1. Примеры переходов в сверхпроводящее состояние пленок Nb_3Si (R_n - сопротивление образца в нормальном состоянии перед сверхпроводящим переходом. Пунктиром показана экстраполяция кривой 3 ниже температуры перехода ниобиевой фольги, использованной в качестве подложки)

кремний из вольфрамовой лодочки или из алундового тигля. Результаты в обоих случаях совпадали. В качестве подложек использовалась ниобиевая фольга. Температура подложки во время осаждения составляла $\sim 800^\circ\text{C}$, скорость осаждения $\sim 70 \text{ \AA}/\text{сек}$, толщина образцов $\sim 1 \text{ мкм}$. После напыления проводился отжиг при температуре $\sim 1500^\circ$ в течение 20-30 сек в вакууме $(2 + 5) \cdot 10^{-6}$ тор.

Измерение критической температуры проводилось резистивным методом. Измерения показали, что пленки Nb_3Si имели $T_c^{(H)} =$

$= 9,7-10^{\circ}\text{K}$ и $\Delta T = 0,2 - 0,7^{\circ}\text{K}$, что превышает полученные ранее значения для пленок этого сплава $(8-9)^{\circ}\text{K}$ /14,15/. Примеры переходов даны на рис. 1.

Рентгенанализ образцов, проведенный Н. Н. Лобановым в МГУ, показал наличие фазы AI5.

Исследовалось влияние низкотемпературного отжига на T_c пленок Nb_3Si . Низкотемпературный отжиг при 800°C в течение получаса понизил T_c пленок до $\sim 5^{\circ}\text{K}$, отжиг при 700°C в течение трех часов привел также к понижению T_c .

В работе /14/ при получении пленок Nb_3Si химическим вакуумным осаждением повышение температуры подложки с 800° до 900°C понизило $T_c^{(H)}$ пленок Nb_3Si с $\sim 8^{\circ}$ до $4-6^{\circ}\text{K}$ и привело к полному замещению фазы AI5 другими фазами - объемно-центрированной, границентрированной и тетрагональной. В работе /15/ повышение температуры подложки с $500-640^{\circ}\text{C}$ до 700°C приводило к замещению фазы AI5 на тетрагональную и понижению T_c пленок Nb_3Si .

Все это говорит о том, что существует верхняя граница температуры подложки, до которой возможно существование фазы AI5 сплава Nb_3Si , а длительный отжиг при температурах, близких к ней, также разрушает фазу AI5. В случае же получения сплава Nb_3Si , с $T_c^{(H)} \sim 20^{\circ}\text{K}$ методом взрывного обжигания /16/ при давлении ~ 1 млн. бар, температуры, возможно, могут быть и большие, так как этот процесс длится несколько миллисекунд. При получении пленок Nb_3Si в настоящей работе также проводился кратковременный отжиг (20-30 сек) при температурах $\sim 1500^{\circ}\text{C}$ (смотри выше), что приводило к $T_c^{(H)} \sim 9,7-10^{\circ}\text{K}$. Отжиг же в течение более длительного времени приводил к разрушению фазы AI5 и уменьшению T_c образцов.

Следует отметить, что сверхпроводящий переход образца с наибольшим $T_c^{(H)}$ более растянут, чем остальные (кривая 3 рис. 1). Это согласуется с данными по пленкам Nb_3Ga , где переход с максимальной $T_c^{(H)} = 20,3^{\circ}\text{K}$ был более растянут из-за наличия нескольких процентов другой фазы /12/.

В заключении выражаю благодарность Г. П. Мотулевич и А. И. Головашкину за внимание к работе.

Поступила в редакцию
21 мая 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. W. L. McMillan. Phys. Rev., 167, 331 (1968).
2. D. Dew-Hughes. Nature, 250, 723 (1974).
3. B. T. Matthias. Phys. Today, 23, 201 (1971).
4. А. И. Головашкин, И. С. Левченко, Г. П. Мотулевич. Труды ФИАН, 82, 72 (1975).
5. S. Geller. Acta Crystal., 2, 885 (1965).
6. F. Galasso, J. Pyle. Acta Crystal., 16, 228 (1963).
7. Н. Н. Михайлов, И. Р. Воронова, О. А. Лаврова, Е. В. Мальников, М. Н. Смирнов. Письма ЖЭТФ, 19, 510 (1974).
8. L. R. Testardi, J. H. Wernick, W. A. Royer. Solid State Comm., 15, 1 (1974).
9. J. R. Gavaler. Appl. Phys. Lett., 23, 480 (1973).
10. L. J. Vieland, A. W. Wicklund. Phys. Lett., 49A, 407 (1974).
11. H. Kawamura, K. Tachikawa. Phys. Lett. 50A, 29 (1974).
12. А. И. Головашкин, И. С. Левченко, Г. П. Мотулевич. ФТТ, 16, 2100 (1974).
13. А. И. Головашкин, А. А. Шубин. Препринт ФИАН № 65, 1965 г.
14. H. Kawamura, K. Tachikawa. Phys. Lett., 55A, N 1, 65 (1975).
15. H. R. Hammond, S. Nazra. Proc. 13-th Int. Conf. on Low Temper. Phys., Boulder 1972 (New York), 2, 465 (1974).
16. В. М. Пан, В. П. Алексеевский, А. Г. Попов, Ю. И. Белецкий, Л. М. Юрко, В. В. Ярош. Письма в ЖЭТФ, 21, 494 (1975).