

Академик АН БССР Н. Н. СИРОТА, Е. К. СТИБУК

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ВАНАДИЙ-НИОБИЙ-МОЛИБДЕНОВЫХ СПЛАВОВ

Как было показано ранее (^{1, 2}), система ванадий — ниобий — молибден образует непрерывные твердые растворы. Выполненные исследования сверхпроводимости сплавов граничных систем показали, что все они являются сверхпроводниками. Во всех граничных системах изменение температуры сверхпроводящего перехода в зависимости от состава характеризуется плавными кривыми с выпуклостью, обращенной вниз.

Сплавы ниобия с ванадием (^{3-6, 9, 10}) во всем интервале обладают сверхпроводимостью, превышающей 3,5° К. Кривые изменения температуры сверхпроводящего перехода сплавов ниобия с молибденом проходят в средней части системы через глубокий минимум (⁷). Наиболее низкие температуры перехода составляют $T_c = 0,02^\circ \text{ К}$ при содержании $\text{Mo} \sim 60 \text{ ат. \%}$. В системе молибден — ванадий, согласно отрывочным данным (⁸), в средней части системы (50 ат. % Mo) T_c составляет 0,11° К.

Представляло несомненный интерес исследование сверхпроводящих свойств тройных сплавов указанной системы, данные о которых в литературе отсутствуют. Целью настоящей работы было изучение сверхпроводимости сплавов системы ванадий — ниобий — молибден при температурах выше 1,9° К (1,9° К — температура жидкого гелия при давлении 18 мм рт. ст., достигаемом откачкой обычным форвакуумным насосом).

Для определения сверхпроводящих параметров были вырезаны пластинки размером $1 \times 1,5 \times 20 \text{ мм}^3$ из слитков, выплавленных в дуговой печи с нерасходуемым вольфрамовым электродом и отожженных при 1100° С в течение 90 час. Условия плавки и отжига были описаны ранее (²).

Характеристики исходных компонентов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Исходные компоненты	Содержание, %	$\rho_{\text{ост}} \cdot 10^{-6},$ ом · см	$T_c, ^\circ \text{ К}$	$\alpha, \text{ \AA}$
Ниобий металлический	99,93	1,6	9,20	3,306
Ванадий металлический	99,89	1,5	5,19	3,028
Молибден металлический	99,99	1,02	0,95	3,147

Температуру сверхпроводящего перехода T_c исследуемых сплавов определяли резистивным методом. Испытуемые образцы помещали в ампулу, в верхней части которой находится нагреватель. Ампулу опускали в жидкий гелий. Температуру образцов в ампуле выше 4,2° К поддерживали путем ручной регулировки силы тока, проходящего через нагреватель, ее контролировали при помощи 470-омного угольного термометра сопротивления «Allen — Bradley». Градуировку угольного термометра сопротивления проводили в жидком гелии и водороде, а также по трем промежуточным реперным точкам: по температуре сверхпроводящего перехода эталонов, изготовленных из ванадия, ниобия и свинца; температуру кипения жидкого гелия контролировали по упругости его паров с помощью манометра.

При определении температуры сверхпроводящего перехода исследованных сплавов отмечали начало сверхпроводящего перехода в нормальное состояние, конец перехода и среднюю точку, которую принимали за температуру перехода.

На рис. 1 приведены кривые изменения температуры сверхпроводящих переходов в сплавах граничных систем, построенные по нашим и литера-

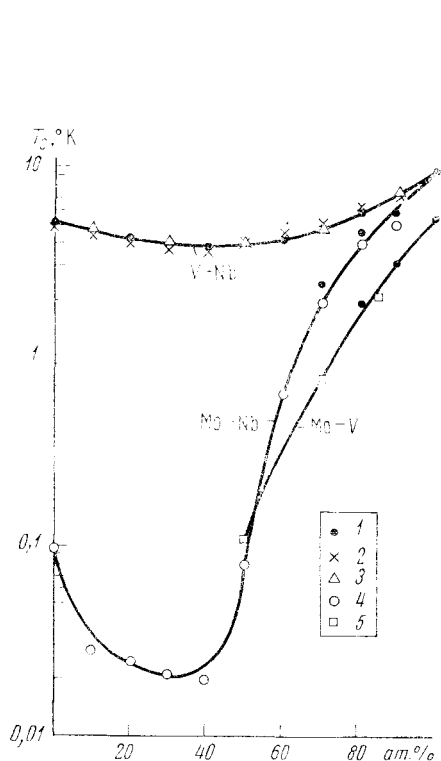


Рис. 1

Рис. 1. Температура перехода в сверхпроводящее состояние сплавов граничных систем V — Nb, Mo — Nb, Mo — V: 1 — данные авторов, 2 — данные работы (5), 3 — (6), 4 — (7), 5 — (8)

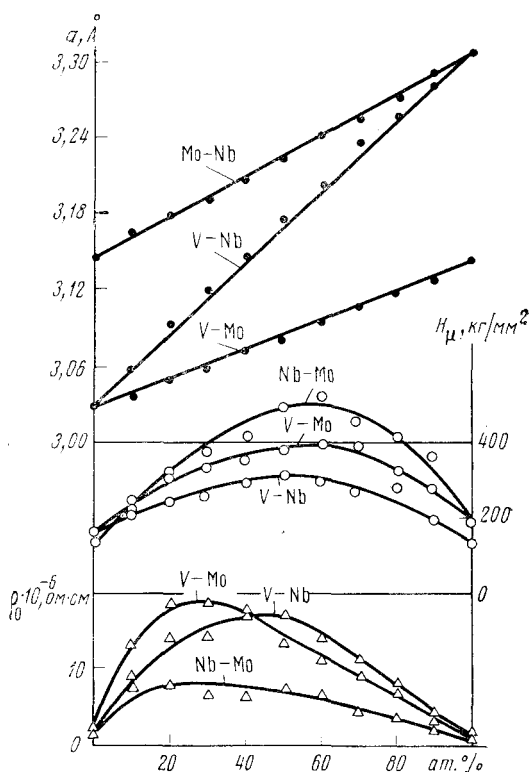


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость параметра кристаллической решетки a , микротвердости H_μ и остаточного удельного электросопротивления $\rho_{0\text{ст}}$ при 4,2° K от состава сплавов двойных V — Nb, Nb — Mo, V — Mo систем

турным данным. На рис. 2 приведены зависимости от состава изменения периода идентичности кристаллической решетки, значения микротвердости и остаточного удельного электросопротивления этих сплавов.

По полученным нами экспериментальным данным построены изолинии T_c температур сверхпроводящего перехода (температуры средних точек) тройных сплавов, содержащих от 0 до 40 ат. % молибдена.

На рис. 3 показан треугольник Гиббса исследованной тройной системы, на которой проведены линии определенных значений T_c . На этом же рисунке нанесены линии постоянных значений периода идентичности кристаллической решетки a тройных исследованных сплавов.

Как видно из приведенных рис. 1, 2 в граничных системах V—Nb, V—Mo, Nb—Mo и вдоль лучевых разрезов рис. 3, с повышением содержания молибдена до 40 ат. % температура перехода резко снижается. При содержании молибдена в исследованных сплавах выше 20—40 ат. % температуры перехода в сверхпроводящее состояние лежат ниже 1,9° K. Из рис. 3 также видно, что в сечениях, параллельных (V—Nb)-стороне, по

мере увеличения содержания молибдена минимум T_c от 40 ат. % Nb смещается к несколько меньшим содержаниям ниобия.

Для всех исследованных сплавов в отожженном состоянии значения критического магнитного поля не превышают ~ 20 кэ. Наибольшим значением H_c в исследованной системе обладают сплавы, содержащие 30 ат. % ниобия в двойной системе V-Nb.

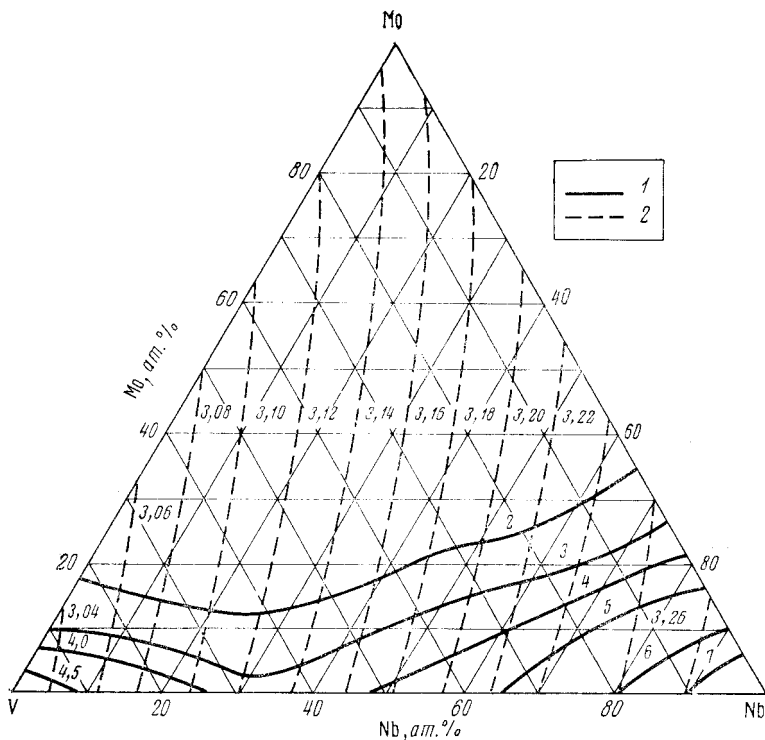


Рис. 3. Период идентичности a и температуры перехода в сверхпроводящее состояние T_c сплавов тройной V-Nb-Mo системы. 1 — T_c , °K; 2 — a , Å

Впервые проведенное исследование сверхпроводимости тройных ванадий-ниобий-молибденовых сплавов показало, что совместное присутствие в сплавах ниобия, ванадия и молибдена сопровождается снижением температуры сверхпроводящего перехода по отношению к ее аддитивному значению, причем наибольшее влияние при этом оказывает молибден.

Институт физики твердого тела
и полупроводников
Академии наук БССР
Минск

Поступило
21 II 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Барон, К. Н. Иванова, Е. М. Савицкий, Изв. АН СССР, Металлургия и топливо, т. 143, № 4 (1969).
- ² Н. Н. Сирота, Е. К. Стрибук, Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, № 4, 128 (1970).
- ³ J. K. Hulm, R. D. Blaugher, Phys. Rev., v. 123, № 5, 1569 (1961).
- ⁴ W. De Sorbo, Phys. Rev., v. 130, 2177 (1963).
- ⁵ Н. Н. Сирота, Э. А. Овсейчук, Изв. АН БССР, сер. физ.-мат. наук, № 1 (1967).
- ⁶ Н. Н. Сирота, А. К. Федотов, Докл. АН БССР, т. 17, № 6, 497 (1973).
- ⁷ R. A. Hein, J. W. Gibson, Rev. Modern Phys., v. 36, № 1, 149 (1964).
- ⁸ K. Anders, E. Bucher et al., Phys. Rev., v. 178, № 2, 702 (1969).
- ⁹ Н. Н. Сирота, Э. А. Овсейчук, Е. К. Стрибук, ДАН, т. 174, № 1, 88 (1966).
- ¹⁰ Н. Н. Сирота, Э. А. Овсейчук, ДАН, т. 174, № 3, 570 (1967).