

Академик Н. В. АГЕЕВ, В. Ф. ШАМРАЙ, А. М. ПОСТНИКОВ

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ФАЗ С КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ТИПА Cr_3Si

В настоящей работе продолжено исследование сверхпроводимости многокомпонентных фаз с кристаллической структурой типа Cr_3Si . Излагаются результаты измерения критической температуры T_k и параметра решетки a четырехкомпонентных фаз переменного состава с кристаллической структурой типа Cr_3Si пяти псевдодвойных систем: $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Si}$, $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Ga}$, $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Si}$, $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Ga}$, $\text{Nb}_3\text{Ga}-\text{V}_3\text{Si}$.

Характерная особенность всех пяти исследованных фаз, химический состав которых определяется формулой A_3B , состоит в том, что при изменении концентрации происходит замещение как элемента А (атомы которого размещены в структурно-эквивалентном положении 6(c) элементарной ячейки), так и элемента В (атомы которого размещены в структурно-эквивалентном положении 2(a)). Компонентами в исследуемых псевдодвойных системах являются соединения с высоким значением критической температуры и изоморфной кристаллической структурой.

Материалами для приготовления сплавов служили ниобий (99,8%), ванадий (99,9%), кремний (99,999%), олово (99,99%) и алюминий (99,99%). Шихта составлялась из порошкообразных материалов, которые перемешивались и затем отпрессовывались с удельным давлением 10 т/см². Сплавление проводилось в дуговой печи с нерасходуемым электродом в атмосфере гелия.

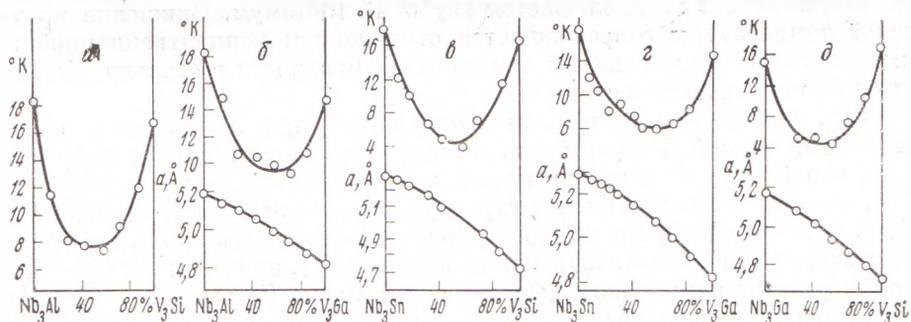


Рис. 1. Критическая температура T_k и параметр решетки a псевдодвойных систем: а — $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Si}$, б — $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Ga}$, в — $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Si}$, г — $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Ga}$, д — $\text{Nb}_3\text{Ga}-\text{V}_3\text{Si}$

Сплавы отжигались в отпаянных кварцевых ампулах при температуре 650°С в течение 500 час. Контроль фазового состава и измерение параметра решетки проводились после съемки образцов в камерах диаметра 57,4 мм и на рентгеновском дифрактометре ДРОН-1, Си-излучение. При съемке на дифрактометре проводилась монохроматизация от графитового монохроматора. Критическая температура измерялась магнитным методом. Точность измерения параметра решетки 0,003 Å. Результаты экспериментального исследования представлены графически на рис. 1.

Для всех пяти систем были приготовлены сплавы, содержащие, согласно рентгенофазовому анализу, только фазу с решеткой типа Cr_3Si . Критическая температура и параметр решетки двойных соединений Nb_3Sn ($T_k =$

$=18,0^\circ\text{K}$; $a=5,283\text{ \AA}$), Nb_3Al ($T_c=18,4^\circ\text{K}$; $a=5,186\text{ \AA}$), V_3Si ($T_c=16,8^\circ\text{K}$; $a=4,725\text{ \AA}$), Nb_3Ga ($T_c=15,4^\circ\text{K}$; $a=5,170\text{ \AA}$) и параметр решетки V_3Ga ($T_c=14,8^\circ\text{K}$; $a=4,825\text{ \AA}$) соответствуют тем значениям, которые обычно приводятся для этих соединений при соответствующей термической обработке⁽²⁾. Зависимость критической температуры от состава для сплавов системы $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Si}$, согласно нашим измерениям, аналогична той, которая наблюдалась в работе⁽¹⁾.

Как видно (рис. 1), зависимость критической температуры от состава для всех исследованных систем аналогична. При легировании одного двойного соединения другим происходит резкое снижение критической температуры. На кривых температура — концентрация для всех пяти систем имеется глубокий минимум, который соответствует отношению содержания этих соединений 1 : 1. Наиболее резко этот минимум выражен в системе $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Si}$ ($\sim 5^\circ\text{K}$). Для системы $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Ga}$ критическая температура в точке минимума несколько выше ($\sim 10^\circ\text{K}$), чем для остальных.

Концентрационная зависимость параметра решетки для четырех исследованных систем ($\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Ga}$, $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Si}$, $\text{Nb}_3\text{Sn}-\text{V}_3\text{Ga}$, $\text{Nb}_3\text{Ga}-\text{V}_3\text{Si}$) также аналогична. Для всех этих систем (рис. 1, б, в, г, д) наблюдается отклонение от закона аддитивности в сторону больших значений параметра решетки. При этом величина отклонения наибольшая для сплавов с минимальным значением критической температуры (наибольшее отклонение от закона аддитивности, так же как и минимум критической температуры, соответствует отношению содержания двойных соединений 1 : 1). Можно заметить (рис. 1б), что ближе всего к закону аддитивности концентрационная зависимость параметра решетки в системе $\text{Nb}_3\text{Al}-\text{V}_3\text{Ga}$, т. е. как раз в той системе, где величина критической температуры в точке минимума наибольшая.

Таким образом, легирование одного высокотемпературного сверхпроводящего соединения типа A_3B другим, в результате которого происходит замещение как компонента А, так и компонента В, вызывает резкое снижение критической температуры; вблизи отношения концентраций двойных соединений 1 : 1 наблюдается глубокий минимум. Снижение критической температуры сопровождается отклонением концентрационной зависимости параметра решетки от закона аддитивности в сторону больших значений параметра решетки.

Такое снижение критической температуры при легировании одного соединения типа A_3B другим находится в соответствии с гипотезой об определяющей роли целостности цепочек, образованных атомами компонента А, которые располагаются в структурно-эквивалентных позициях $b(c)$ ⁽³⁾. При легировании происходит замена атомов одного сорта, размещенных в структурно-эквивалентных положениях $b(c)$, на атомы другого сорта, т. е. нарушение целостности цепочек, что согласно⁽³⁾ вызывает снижение критической температуры.

Отклонение от закона аддитивности в сторону больших значений параметра решетки для сплавов с минимальным значением критической температуры находится в соответствии с результатами работы⁽⁴⁾, согласно которой увеличение параметра решетки соединений с кристаллической структурой типа Cr_3Si сопровождается снижением критической температуры.

Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
18 I 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ L. R. Newkirk, Phys. Status Solidi (a), v. 4, 2, 387 (1971). ² Е. М. Савицкий, В. В. Барон и др., Металловедение сверхпроводящих материалов, «Наука», 1969.
³ T. B. Reed, H. C. Gatos et al., Metallurgy of Advanced Electronic Materials, N. Y., 1962, p. 19. ⁴ Н. Е. Алексеевский, Н. В. Агеев, В. Ф. Шамрай, Неорганические материалы, т. 2, № 12 (1966).