

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ И СТРУКТУРА СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ НИОБИЯ И ВАНАДИЯ

Б. Н. Кодесс, В. Ш. Шетман

В настоящее время в литературе широко обсуждается вопрос о связи между температурой перехода в сверхпроводящее состояние T_c и различными структурными характеристиками интерметаллических соединений. Соединения на основе ниобия и ванадия обладают наиболее высокими T_c . В частности максимальная T_c достигнута на тройных соединениях системы Nb – Ge – Al. Причины значительного повышения T_c при замене части атомов Al на Ge в соединении Nb₃(Ge – Al) до сих пор не ясны. Необходимы дальнейшие эксперименты которые позволили бы судить о влиянии изменения состава фаз, структурных переходов, явлений упорядочения и т. п. на параметры сверхпроводящего перехода. В настоящей работе исследованы серии сплавов, содержащих соединения со структурой A-15 в тройных системах ниобий – германий – алюминий и ванадий – германий – алюминий.

Методика приготовления образцов и измерения свойств описаны ранее [1].

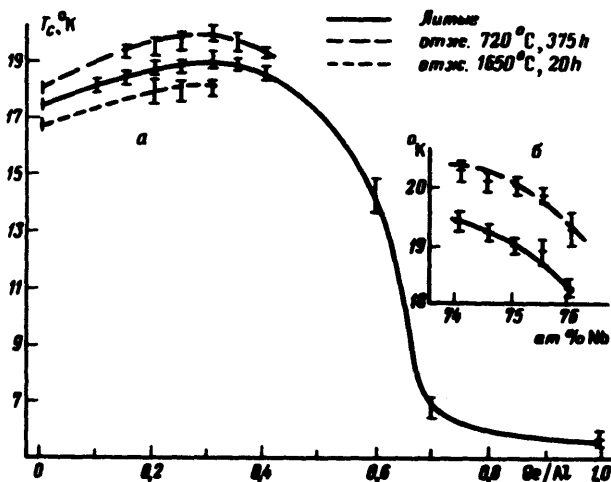


Рис. 1. а – зависимость T_c от соотношения Al: Ge для сплавов системы Nb-Ge-Al. Содержание Nb – 75 ат.%; б – зависимость T_c от содержания для сплавов, принадлежащих лучевому разрезу Al: Ge = 3:1

На рис. 1 представлены полученные данные о концентрационной зависимости T_c в изученных сплавах. Наиболее высокая температура перехода (20,3°K) была получена на лучевом разрезе Al: Ge = 3:1, для отожженного сплава, содержащего 74 ат.% Nb см. рис. 1, б. Интересно, что небольшое уменьшение содержания Nb по этому разрезу приводит к повышению T_c в то время как по данным работы [2] повышение T_c соответствует области избытка Nb по отношению к составу Nb₃(Ge – Al). Изменение состава, соответствующее изоморфному замещению Al(Ge) приводит к появлению максимума значения T_c на концентрационной зависимости T_c рис. 1, а, 2. Заметим, что для системы V – Ge – Al для достижения максимума требуется обратное соотношение Al: Ge 1:3 (рис. 2).

Заметная зависимость T_c от соотношения алюминия и германия и повышение точки перехода при приближении к значению 3:1 ранее была получена для сплавов Nb — Ge — Al в работе [2]. На основании этих данных авторами [2, 3] было сделано естественное предположение о возможном влиянии упорядочения атомов Ge и Al, однако определенных экспериментальных подтверждений этому не было получено.

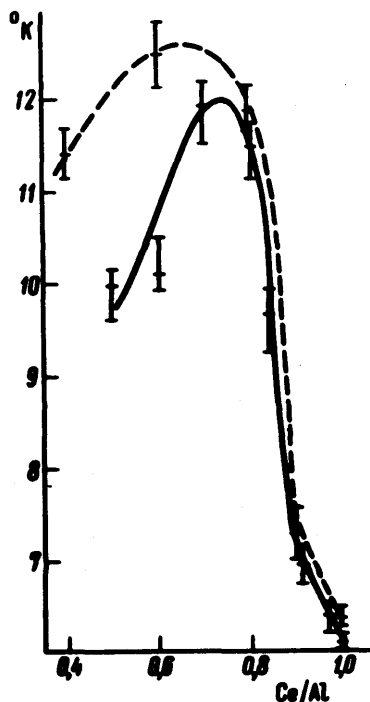


Рис. 2. Зависимость T_c от соотношения Al: Ge для сплавов системы V — Ge — Al. Содержание 75 ат.% V

В этой связи представляло интерес провести нейтронографический анализ соединения $V_3(\text{Ge} - \text{Al})$ имея в виду, что атомы ванадия имеют малую амплитуду рассеяния и дифракционная картина должна быть весьма чувствительна к распределению германия и алюминия. Были проведены съемки нейтронограмм с образца состава $V_3(\text{Ge}_{0,75}\text{Al}_{0,25})$ в литом состоянии и после отжига при 850° в течение 375 час. Интенсивности линий сопоставлялись с расчетом. Характерный участок нейтронограммы представлен на рис. 3. Малая интенсивность линии (210) показывает, что атомы V практически полностью находятся в позиции 6 (с). Отсутствие сверхструктурных линий (см. положения, показанные сверху стрелочками (311), (222), (331) свидетельствуют о том, что упорядочение по схеме Fe₃Al в подрешетке Ge и Al не имеет места. Были проведены также эксперименты с целью установить связь между характеристиками отжига и температурой перехода. По данным, представленным на рис. 1 и 2, отжиг при заданной температуре и времени выдержки подобным образом влияет на T_c во всем интервале концентрации: после низкотемпературного отжига T_c заметно повышается, а после высокотемпературного происходит некоторое снижение T_c по сравнению с теми же образцами в литом состоянии. Заметим, что упорядочение атомов Al и Ge должно было бы приводить к изменению T_c в определенном интервале составов.

Предварительные данные о влиянии времени выдержки при отжиге были получены на сплаве состава $Nb_3(Al_{0,75} - Ge_{0,25})$ (см. таблицу).

Зависимость изменения T_c
от времени выдержки при
температуре $950^\circ C$

$t, \text{мин}$	$\Delta T_c, ^\circ K$
3	0,2
6	0,3
30	0,6
90	0,3
180	0,2
300	0,2

Видно, что повышение температуры перехода соответствует отжигу при 950° не свыше 90 мин, после чего эффект отжига значительно уменьшается, о чем сообщалось также для температуры отжига 1000° в работе [4]. Съемка дебаграмм показала, что выдержка при отжиге, приводящая к повышению температуры перехода в ряде случаев сопровождается размытием линий. Полученные результаты пока не позволяют уверенно утверждать влияют ли начальные стадии распада (типа старения) на температуру перехода, однако указывают на целесообразность дальнейшего развития исследования в этом направлении.

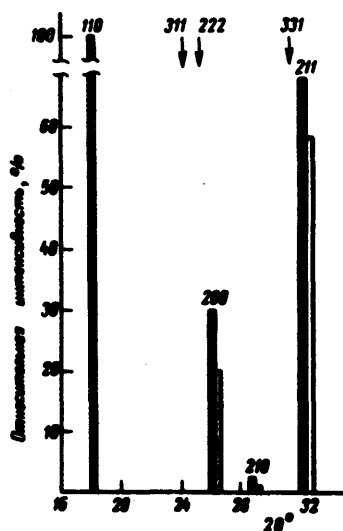


Рис. 3. Расчетные \square и экспериментальные \blacksquare интенсивности сплава $V_3(Al_{0,25} - Ge_{0,75})$ на нейтронной диаграмме

Представлялось также интересным выяснить существование мартенситного превращения в соединениях изучаемых троинных систем. С этой целью проводились низкотемпературные рентгеновские исследования сплава $Nb_3(Ge_{0,3} - Al_{0,7})$. При температуре $20 K$ наблюдались изменения формы дифракционных линий, позволявшие предположить по аналогии с работами [5 - 7] существование структурного перехода

да с тетрагональной деформацией $\epsilon = (3,1 \pm 1,2) \cdot 10^{-3}$. Отметим, что значение ϵ лежит между значениями ϵ для V_3Si и Nb_3Sn . Знак ϵ совпадает с таковым для Nb_3Sn [7]. Интересно, что ядерно-резонансные исследования при $24^\circ K$ ясно указывают на изменения симметрии решетки на этих же образцах, что также является указанием на наличие перехода [8] не наблюдаемого в Nb_3Al [9]. Это обстоятельство подтверждает важную роль корреляции между сверхпроводящими и мартенситными переходами в высокотемпературных сверхпроводниках типа А-15.

Авторы выражают благодарность А.Г.Рабинькину за предоставление возможности измерения T_c , Р.А.Сизову, проводившему запись нейтронограмм.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
4 августа 1971 г.

Литература

- [1] B.W.Kodess. Phys. stat. sol. (a), 4, k109, 1971.
- [2] G.Arrhenius, E.Corenzwitt, R.Fitzerald, G.W.Hull, H.L.Luo, B.T.Matthias & H.Zachariasen. Proc. Nath. Acad. Sci., 61, 621, 1968.
- [3] Н.Е.Алексеевский, Н.В.Агеев, В.Ф.Шамрай. Изв. АН СССР, Неорг. мат., 12, 2156, 1966.
- [4] I.Rozdca. Zs. Physic., 237, 432, 1970.
- [5] B.W.Batterman, C.S.Barret. Phys. Rev., 137, 3447, 1966.
- [6] L.J.Viland, R.N.Cohen, W.Rehlwald. Phys. Rev. Lett., 26, 7, 373, 1971.
- [7] H.W.King, F.H.Cocks, J.T.A.Pollock. Phys. Lett., A26, 2, 77, 1967.
- [8] B.N.Kodess, V.B.Kurizin, B.N.Tretjakov. Phys Lett., 1, 1971 (in print).
- [8] R.H.Willens, T.H.Geballe, A.C.Gossard, J.P.Maita, A.Menth. Solid. State Comm. 7, 837, 1969.