

О СВЕРХПРОВОДИМОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СУЛЬФИДОВ МОЛИБДЕНА

Н.Е. Алексеевский, Н.М. Добровольский, В.И. Цебро

Обнаружен ряд новых сверхпроводящих сульфидов молибдена формулы $\text{Mo}_6\text{M}_x\text{S}_8$ с щелочными металлами, углеродом и редкоземельными элементами в качестве третьей компоненты М.

В последнее время в ряде работ сообщалось о сверхпроводимости трехкомпонентных сульфидов молибдена, состав которых можно представить в виде $\text{M}_x\text{Mo}_6\text{S}_8$, где $\text{M} = \text{Pb}, \text{Sn}, \text{Ag}, \text{Cu}, \text{Zn}, \text{Mg}, \text{Cd}, \text{Sc}$ и Y [1–7].

Нами были исследованы подобные системы с некоторыми другими элементами в качестве М. В дополнение к уже известным соединениям обнаружена сверхпроводимость у систем со щелочными металлами и с углеродом. Кроме того был исследован ряд соединений с редкоземельными элементами, среди которых оказалось много сверхпроводников.

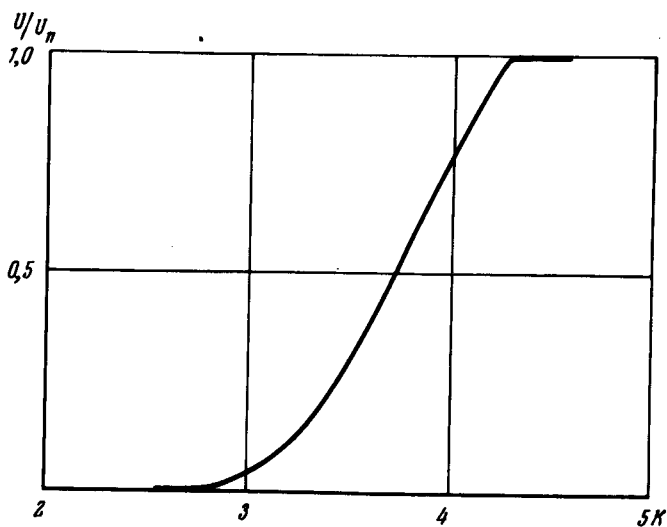
В таблице приведены критические температуры полученных соединений. Переходы в сверхпроводящее состояние регистрировались как по изменению индуктивности, так и по изменению сопротивления на постоянном токе.

Состав	T_c , К	Состав	T_c К
$\text{Mo}_6\text{Li}_2\text{S}_8$ ¹⁾	4,2 ÷ 3,5	$\text{Mo}_6\text{Sm}_6\text{S}_8$ ²⁾	< 0,6
$\text{Mo}_6\text{Na}_2\text{S}_8$	8,6 ÷ 8,0	$\text{Mo}_6\text{Ce}_2\text{S}_8$	< 0,6
$\text{Mo}_6\text{K}_2\text{S}_8$	2,7	$\text{Mo}_6\text{Dy}_2\text{S}_8$	2,1
$\text{Mo}_6\text{Rb}_2\text{S}_8$	< 0,6	$\text{Mo}_6\text{Gd}_2\text{S}_8$	2,2
$\text{Mo}_6\text{Cs}_2\text{S}_8$	< 0,6	$\text{Mo}_6\text{Nd}_2\text{S}_8$	3,45 ÷ 3,2
Mo_5SnS_6	10,8	$\text{Mo}_6\text{Yb}_2\text{S}_8$	8,18 ÷ 7,3
$\text{Mo}_5\text{SnB}_{0,5}\text{S}_6$	12,3	$\text{Mo}_6\text{Er}_2\text{S}_8$	2,19
$\text{Mo}_5\text{SnY}_{0,5}\text{S}_6$	9,95 ÷ 7,65	$\text{Mo}_5\text{C}_x\text{S}_6$ ³⁾	3,5 ÷ 4,14
$\text{Mo}_5\text{SnSc}_{0,5}\text{S}_6$	11,4 ÷ 12,0	$0,5 \leq x \leq 2$	
$\text{Mo}_5\text{SnLa}_{0,5}\text{S}_6$	12,2 ÷ 11,4	$\text{Mo}_5\text{Sc}_x\text{S}_6$	2,6 ÷ 2,8
$\text{Mo}_5\text{SnTl}_{0,5}\text{S}_6$	9,3 ÷ 8,1	$1 \leq x \leq 2$	
		$\text{Mo}_5\text{Y}_x\text{S}_6$	2,5 ÷ 2,6
		$0,5 \leq x \leq 2$	

На рисунке приведена кривая перехода для одного из образцов $\text{Mo}_6\text{Li}_2\text{S}_8$. В отличие от других систем образцы со щелочными металлами гомогенизационному отжигу не подвергались и, вероятно, поэтому их переходы в сверхпроводящее состояние сильно растянуты.

- ¹⁾ Для всех образцов содержащих щелочные металлы был проведен анализ показавший, что концентрация примесей Mg и Fe не превышала $10^{-2}\%$, а концентрация примесей других металлов была меньше $10^{-3}\%$.
- ²⁾ Сверхпроводимость систем с редкоземельными элементами была исследована в работе [7]. Некоторое отличие полученных нами значений T_c от данных приведенных в [7] связано, по-видимому, со спецификой приготовления образцов.
- ³⁾ Интересно, что в системе $\text{Mo}_6\text{C}_x\text{S}_8$ T_c растет с уменьшением x вплоть до $x = 0,5$.

Как известно, введение Al, Ga или Nb в Mo_5SnS_6 увеличивает его критическую температуру [4, 8]. Из полученных нами данных, приведенных в таблице видно, что бор, скандий и лантан в качестве четвертой компоненты также приводят к росту T_c в системе Mo_5SnS_6 . Однако имеется ряд элементов, которые понижают T_c Mo_5SnS_6 , например для $\text{Mo}_5\text{SnTi}_{0,5}\text{S}_6$ $T_c = 9,3\text{K}$.



Наиболее резкое падение T_c вызывают ферромагнитные металлы, так введение железа приводит к линейному уменьшению критической температуры Mo_5SnS_6 с производной $dT_c/dc = -22\text{K/ат.}\%$. Эти данные хорошо согласуются с [5]. Следует отметить, что в этом случае влияние ферромагнитных примесей оказывается более сильным, чем, например, для сверхпроводников со структурой $\beta\text{-W}$ [9].

В настоящее время можно считать, что большинство металлов от I до IV группы периодической системы введенных в систему Mo_6S_8 в качестве третьей компоненты приводят к возникновению сверхпроводимости, причем в ряде случаев в таких соединениях получаются высокие значения критических температур и магнитных полей. Однако некоторые металлы (Ga, Al) введенные в качестве третьей компоненты приводят к появлению магнитного упорядочения [10], при этом зависимость $R(T)$ имеет полупроводниковый характер. Проведенные нами рентгеновские исследования показали, что магнитные соединения следует также отнести к фазам Шевреля, которые в этом случае в отличие от большинства сверхпроводящих систем имеют $c/a < 1$, т. е. ромбический угол превышающий 90° .

Литература

- [1] B.T.Matthias, M.Marezio, E.Corenzwit, A.S.Cooper, H.S.Barz. Science, 175, 1465, 1972.
 - [2] Ø.Fischer, M.Decroux, S.Roth, R.Chevrel, M.Sergent. J. Phys. C8, L474, 1975.
 - [3] S.Foner, R.J.Mcniff, E.J.Alexander. Phys. Lett., 49, 269, 1974.
 - [4] Н.Е.Алексеевский, Н.М.Добровольский, В.И.Щебро. Письма в ЖЭТФ, 20, '59, 1974.
 - [5] Ø.Fischer. Proc. of the 14-th International Conference on Low Temperature Physics, 5, 1975.
 - [6] M.Marezio, P.D.Dernier, J.P.Remeika, E.Corenzwit, B.T.Matthias. Mat. Res. Bull., 8, 657, 1973.
 - [7] Ø.Fischer, A. Treyvaud, R.Chevrel, M.Sergent. Sol. St. Comm., 17, 721, 1975.
 - [8] Ø.Fisher, R.Odermatt, G.Bongi, H.Jones, R.Chevrel, M.Sergent. Phys. Lett., 45A, 87, 1973.
 - [9] N.E.Alekseevsky, C.Bazan, E.Krasnoperov, A.Mitin, T.Mydlarz, B.Ronchka. Phys. St. Sol. (b), 1976.
 - [10] N.E.Alekseevskii, C.Bazan, N.M.Dobrovolskii, V.I.Nizhankovskii, V.I.Tzebro, V.M.Zakosarenko. Phys. Lett., 54A, 5, 371, 1975.
-