

НОВЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $MnSb$ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР

Н. П. Гражданкина, И. В. Медведева, А. В. Пашеев

Ферромагнитный сплав $MnSb$ был подвергнут воздействию высокого квазигидростатического давления 77 кбар и температур от 800 до 1400К, что привело к сильному понижению намагниченности, температуры Кюри и анизотропному изменению объема элементарной ячейки сплава.

Ферромагнетик $MnSb$ относится к классу соединений с гексагональной структурой типа $NiAs$ (пространственная группа $R\bar{6}_3/mmc$). Для таких соединений характерно наличие вакансий в подрешетках металла

и металлоида и, как следствие этого, существование широкой гомогенности $Mn_{1+\delta}Sb$ ($0 \leq \delta \leq 0,22$), что приводит к сильному понижению температуры Кюри T_c и намагниченности σ с увеличением δ [1]. В настоящее время нет единого представления о механизме обменной связи в $MnSb$, так как не известны причины изменения T_c и σ при заполнении структурных вакансий внедренными атомами марганца в $Mn_{1+\delta}Sb$. Опыты по диффузному рассеянию поляризованных нейтронов в этих сплавах [2] свидетельствуют о том, что внедренные атомы Mn не несут магнитного момента, а приводят к изменениям электронного энергетического спектра, которые, однако, пока не ясны. Следует отметить, что в работе [2] не учитывается возможность сильного влияния объема на T_c и σ исследуемых сплавов.

В данной работе предпринята попытка осуществить заполнение структурных вакансий в $MnSb$ под воздействием высоких давлений и температур при постоянном химическом составе сплава. С этой целью предварительно изготовленный сплав $MnSb$ с $T_c = 596$ К, $n_f = 3,3 \mu_B$ и параметрами решетки $a = 4,149 \text{ \AA}$ и $c = 5,772 \text{ \AA}$ был подвергнут воздействию квазигидростатического давления 77 кбар при температурах 800, 1000, 1200 и 1400 К, после чего проводились магнитные, электрические и рентгенографические исследования.

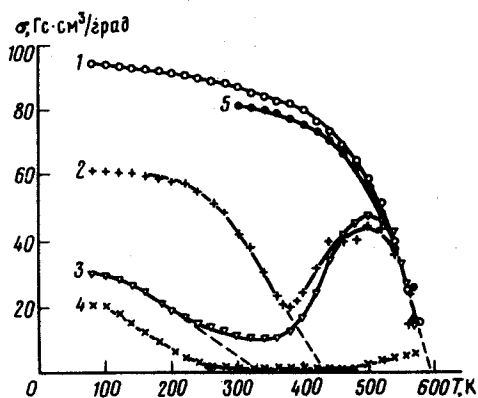


Рис. 1. Температурные зависимости удельной намагниченности сплава $MnSb$, измеренные в поле $H = 8$ кЭ в исходном состоянии 1 и после воздействия давления: 2 – $P = 77$ кбар, $T = 800$ К; 3 – $P = 77$ кбар, $T = 1000$ К; 4 – $P = 77$ кбар, $T = 1400$ К; 5 – кривая снята после нагрева до 600 К сплава, обработанного при $P = 77$ кбар и $T = 800$ К

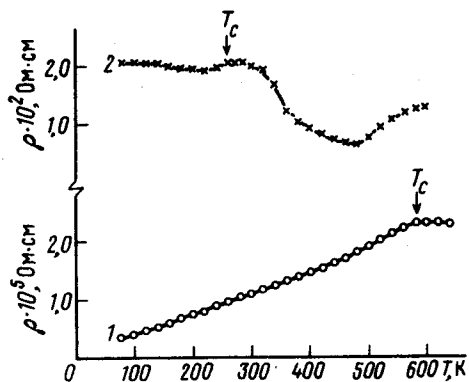


Рис. 2. Температурные зависимости удельного электросопротивления сплава $MnSb$ в исходном состоянии 1 и после воздействия давления $P = 77$ кбар и $T = 1200$ К 2.

На рис. 1 представлены температурные зависимости намагниченности сплава $MnSb$ в исходном состоянии (кривая 1) и после воздействия давления 77 кбар при различных температурах (кривые 2, 3, 4). Из приведенных кривых видно, что во всех случаях происходит сильное

уменьшение магнитного момента и понижение температуры Кюри. При $P = 77$ кбар и $T = 1400$ К ферромагнетизм в широком интервале температур исчезает (кривая 4). Возрастание намагниченности в области высоких температур и слияние всех кривых по мере приближения к T_c исходного $MnSb$ связано, по-видимому, с возвращением сплава в термодинамически равновесное состояние, близкое к первоначальному (кривая 5). Необходимо отметить, что кривые намагничивания всех сплавов, измеренные при 77 К, имеют характерный для ферромагнетиков вид $\sigma(H)$ с насыщением намагниченности.

Рентгенографические исследования показали, что указанные изменения магнитных свойств сопровождаются сильной деформацией кристаллической решетки без изменения ее симметрии. Воздействие на сплав давления $P = 77$ кбар и $T = 800$ К приводит к сильному сокращению параметра c ($c = 5,64 \text{ \AA}$) и незначительному росту параметра a ($a = 4,16 \text{ \AA}$), в результате чего объем элементарной ячейки значительно уменьшается; при этом смещение температуры Кюри с изменением объема $\Delta T_c / \Delta V = 107,3 \text{ град/\AA}^3$, что в 6 раз больше скорости ее изменения при всестороннем сжатии [3]. В результате воздействия $P = 77$ кбар и $T = 1000$ К объем элементарной ячейки возрастает в основном за счет увеличения параметра a ($a = 4,25 \text{ \AA}$, $c = 5,62 \text{ \AA}$), вследствие чего $\Delta T_c / \Delta V$ отрицательно. Давление $P = 77$ кбар и $T = 1400$ К не приводят к существенному изменению параметров решетки по сравнению с предыдущим случаем ($a = 4,26 \text{ \AA}$, $c = 5,66 \text{ \AA}$), однако, изменение интенсивностей рентгенографических линий указывает на возможность заполнения вакансий. Аналогичные особенности можно отметить и для объемного изменения σ . Как было нами ранее установлено [4], при всестороннем сжатии величина $\Delta\sigma/\Delta V$ для сплава $MnSb$ положительна, в то время как после воздействия $P = 77$ кбар и $T = 800$ К эта величина также положительна, но намного выше, а при $P = 77$ кбар и $T = 1000$ и 1400 К $\Delta\sigma/\Delta V$ имеет отрицательный знак.

Дополнительные измерения $\sigma(T)$ при всестороннем гидростатическом сжатии до 10 кбар, выполненные на сплаве $MnSb$, обработанном давлением $P = 77$ кбар и $T = 1200$ К, показали, что барические коэффициенты температуры Кюри и намагниченности сохраняют отрицательные знаки и имеют один порядок величины, как и у исходного $MnSb$ [4].

Полученные экспериментальные результаты можно качественно понять, если предположить сосуществование в $MnSb$ обменных взаимодействий разных знаков: антиферромагнитного вдоль гексагональной оси и ферромагнитного в базисной плоскости. Как уменьшение параметра c , так и рост параметра a приводят к падению T_c за счет ослабления ферромагнетизма и усиления антиферромагнетизма.

Можно также допустить, что часть $3d$ -электронов коллективизируется и образует узкую выделенную $3d$ -зону. Отрицательные знаки величин $(1/T_c) \times (dT_c/dp)$ и $(1/\sigma)(d\sigma/dp)$ сплава, обработанного давлением $P = 77$ кбар и $T = 1200$ К интерпретируются в рамках зонной теории ферромагнетизма [4], когда под влиянием давления происходит расширение $3d$ -зоны и понижение плотности электронных состояний на уровне Ферми, вызывающее падение T_c и σ .

Заполнение вакансий при 77 кбар и высоких температурах (1000 — 1400 К) сопровождается анизотропным изменением объема элементарной ячейки, что может приводить к искажению электронного энергетического спектра. Об этом свидетельствует изменение характера проводимости сплава $MnSb$ после воздействия $P = 77$ кбар и $T = 1200$ К. Как видно из рис. 2, металлическая проводимость исходного сплава (кривая 1) меняется на полупроводниковую (кривая 2).

Таким образом, в результате комбинированного воздействия высоких давлений и температур при сохранении симметрии кристаллической решетки получены новые состояния сплава $MnSb$, что позволяет выделить вклады различных обменных взаимодействий и их изменение с межатомным расстоянием.

Институт физики металлов
Академии наук СССР
Уральский научный центр

Поступила в редакцию
20 октября 1980 г.

Литература

- [1] I. Teramoto, A.M.J.G. Van Run. J. Phys. Chem. Solids, **29**, 347, 1968.
 - [2] Y. Yamaguchi, H. Watanabe. J. Phys. Soc. Jap., **48**, 435, 1980.
 - [3] H. Ido, T. Kaneko, K. Kanigaki. J. Phys. Soc. Jap., **22**, 1418, 1967.
 - [4] Н.П. Гражданкина, И.В. Медведева, Ю.С. Берсенев. ЖЭТФ, **71**, 820, 1976.
-