

Академик АН УССР А. А. ГАЛКИН, Э. А. ЗАВАДСКИЙ,
В. М. СМИРНОВ, В. И. ВАЛЬКОВ

ИНДУЦИРОВАНИЕ НОВОГО МАГНИТНОГО СОСТОЯНИЯ В СПЛАВЕ $Mn_{0,97}Co_{0,03}As$ СИЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

В результате исследования магнитных свойств арсенида марганца под высоким давлением было установлено (^{1, 2}), что наблюдающееся в этом соединении полиморфное превращение $B8_1 \rightleftharpoons B31$ сопровождается изменением магнитного порядка и имеет весьма большой гистерезис по давлению. В пределах гистерезисной области можно получать любую из указанных фаз. Однако имеется некоторая область давлений ($P_{к1} > P > P_{к2}$), в которой ферромагнитная фаза $B8_1$ при изменении температуры спонтанно не возникает. Но и в этом случае, как было обнаружено в работе (³), кратковременное воздействие достаточно сильного магнитного поля ($H > H_k$) вызывает появление фазы $B8_1$.

Индукцированная магнитным полем фаза может существовать достаточно долго и после окончания действия магнитного поля. При увеличении температуры наблюдается превращение $B8_1 \rightarrow B31$ и последующее охлаждение не вызывает появления фазы $B8_1$. Для повторного индуцирования этой фазы необходимо новое воздействие импульса сильного магнитного поля. Поскольку превращение $B31 \rightarrow B8_1$ носит мартенситный характер, то время превращения весьма мало. В наших экспериментах оно не превышало 5 мксек.

Анализ особенностей индуцированного превращения приводит к выводу о существовании таких потенциально возможных магнитных состояний, границам спонтанного возникновения которых на фазовых ($P-T$)-диаграммах соответствуют весьма большие отрицательные давления. Если при этом гистерезисная область включает и участки с $P \geq 0$, то такие состояния реализовать можно, но только с помощью воздействия сильного магнитного поля. В настоящее время мы еще не можем указать каких-либо признаков веществ этого класса. Однако мы попытались синтезировать такое вещество путем легирования арсенида марганца. Фактически задача сводилась к тому, чтобы сместить начало координат на ($P-T$)-диаграмме $MnAs$ по оси давлений не менее чем на 2,5 кбар. В этом случае при атмосферном давлении фаза $B8_1$ должна быть устойчивой, но в то же время она не должна возникать спонтанно при изменении температуры или давления. Таким условиям удовлетворяет сплав $Mn_{0,97}Co_{0,03}As$.

Проведенное нами изучение магнитных свойств указанного сплава свидетельствует о том, что в магнитном отношении исходное состояние является антиферромагнитным с $T_N = 220^\circ K$. При T_N наблюдается характерный максимум магнитной восприимчивости. Ниже температуры Нееля, по крайней мере в полях до 50 кэ, кривые намагничивания описываются соотношением $\sigma = \chi H$. На рис. 1 исходному состоянию соответствует кривая 1. Таким образом, ферромагнетизм в исследованном образце не наблюдается. Однако в достаточно сильном магнитном поле ферромагнитная фаза возникает (рис. 1, 2) и сохраняется после прекращения действия импульсного магнитного поля. Индуцированная ферромагнитная фаза $B8_1$ исчезает при температуре $T_c = 275^\circ K$ путем фазового перехода первого рода, сменяясь парамагнитной фазой $B31$. Пороговое магнитное поле H_k , вызывающее индуцирование, зависит от температуры и, как следует из кривой 3 на рис. 1,

зависимость имеет минимум вблизи 230° К. Участок кривой 3 при $T > T_c$ соответствует обратимому магнитному превращению $V31 \rightleftharpoons B8_1$. В этом случае при $H < H_{к1}$ устойчива парамагнитная фаза $V31$, а при $H > H_{к1}$ — ферромагнитная фаза $B8_1$. Превращение здесь также первого рода и сопровож-

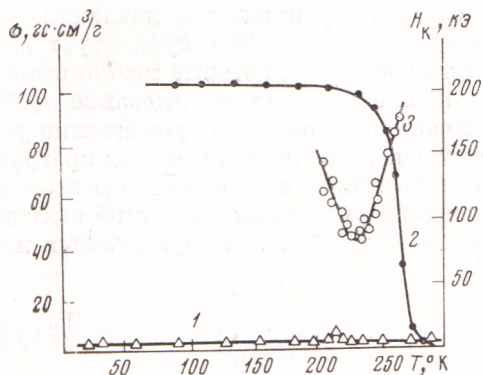


Рис. 1

Рис. 1. Магнитные свойства сплава $Mn_{0.97}Co_{0.03}As$ в исходном и индуцированном состояниях. 1 и 2 — $\sigma(T)$ для исходного и индуцированного состояния соответственно, 3 — зависимость $H_{к}(T)$

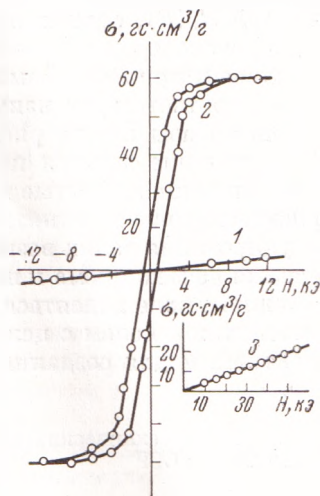


Рис. 2

Рис. 2. Кривые намагничивания сплава $Mn_{0.97}Co_{0.03}As$ в исходном (1, 3) и индуцированном (2) состояниях при различной температуре: 1, 2 — 230° К, 3 — 4,2° К

дается полевым гистерезисом $\Delta H = H_{к} - H_{к1}$. На кривой 3 показаны лишь значения $H_{к}$, соответствующие прямому переходу $V31 \rightarrow B8_1$.

Для сравнения магнитных свойств исходного и индуцированного состояний на рис. 2 приведены полевые зависимости намагниченности исследуе-

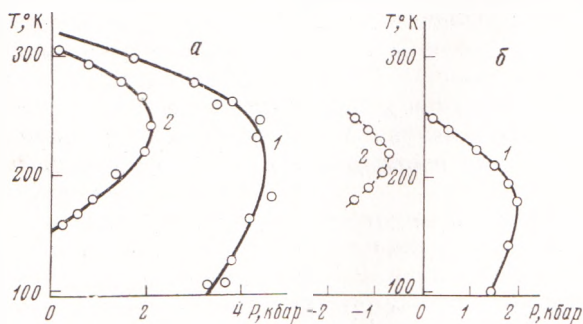


Рис. 3. Фазовые ($P - T$)-диаграммы $MnAs$ (а) и $Mn_{0.97}Co_{0.03}As$ (б)

мого образца, снятые до и после воздействия сильного магнитного поля. На этом рисунке изображена также кривая намагничивания образца в исходном состоянии при 4,2° К в полях до 50 кэ. Из рис. 2 следует, что индуцированное состояние действительно является ферромагнитным с намагниченностью порядка 100 $gs \cdot cm^3/g$.

На рис. 3 приведены ($P - T$)-диаграммы $MnAs$ и сплава $Mn_{0.97}Co_{0.03}As$. Кривые 1 на этом рисунке соответствуют границе перехода $B8_1 \rightarrow V31$, а кривые 2 — спонтанному переходу $V31 \rightarrow B8_1$. Следует обратить внимание

на то обстоятельство, что в исследованном сплаве граница спонтанного перехода $B31 \rightarrow B8$, как и предполагалось, расположена в области отрицательных давлений. Поэтому индуцированное состояние для исследуемого сплава является существенно новым.

Для построения кривой 2 на рис. 3б использовалась экстраполяция зависимостей $H_k(P)$, снятых при фиксированной температуре, к $H_k=0$. При этом допускалось, что линейная зависимость, наблюдающаяся при $P>0$, справедлива и при $P<0$. Заметим также, что минимуму зависимости $H_k(T)$ на рис. 1 соответствует наименьшее удаление границы спонтанного возникновения фазы $B8_1$ на рис. 3б в область отрицательных давлений.

В заключение хочется подчеркнуть, что в природе существует класс веществ, имеющих скрытые магнитные состояния, которые можно выявить воздействием только магнитного поля. Всестороннее исследование процесса индуцирования таких возможных состояний поможет существенно углубить познание механизма и некоторых закономерностей фазовых превращений. Можно также надеяться, что использование обработки вещества сильным магнитным полем с целью получения указанных состояний окажется перспективным для создания новых магнитных и конструкционных материалов.

Донецкий физико-технический институт
Академии наук УССР

Поступило
18 IV 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Н. Сирота, Г. А. Говор, ДАН, т. 196, 155 (1971). ² N. Menyak, J. A. Kafalas et al., Phys. Rev., v. 177, 942 (1969). ³ A. A. Galkin, E. A. Zavadskii, V. I. Valkov, Phys. St. Sol., v. 46b, k23 (1971).