

Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 4, стр. 253 – 256 20 августа 1974 г.

**ОБНАРУЖЕНИЕ ФЕРРОМАГНИТНОГО СОСТОЯНИЯ
В АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ $Mn_{1-x}Fe_xAs$**

*А.А.Галкин, Э.А.Завадский, В.М.Смирнов,
В.И.Вальков*

В некоторых из исследованных сплавов обнаружено необратимое индуцирование сильным магнитным полем таких магнитных состояний, которые не возникают спонтанно при изменении температуры или давления.

Экспериментально установлено [1, 2], что в арсениде марганца переход от ферромагнетизма к парамагнетизму происходит скачком при температуре T_c и характеризуется температурным гистерезисом ΔT_c , а при достижении некоего критического давления $P_K \approx 2,2$ кбар изменяется

нием температуры вообще нельзя вызвать появления ферромагнетизма в $MnAs$. Однако в этих условиях, как было обнаружено в работе [3], однократное наложение сильного магнитного поля $H \geq H_K$ может приводить к необратимому скачкообразному появлению ферромагнитной фазы. Можно было ожидать, что частичным легированием $MnAs$ удастся изменить величину P_K и, тем самым, создать условия для более полного изучения особенностей индуцированных полем магнитных превращений. С этой целью нами были исследованы магнитные свойства сплавов системы $Mn_{1-x}Fe_xAs$ в диапазоне концентраций $0 \leq x \leq 0,10$ при давлениях до 5 кбар. Используемая установка позволяла производить указанные измерения в температурном интервале от 115 до 400°K с применением импульсных магнитных полей напряженностью до 185 кэ.

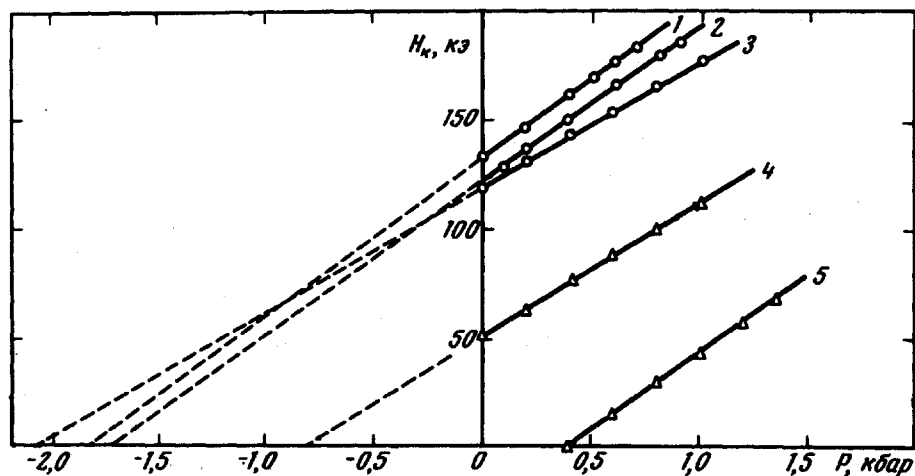


Рис. 1. Изменение критического поля образца с $x = 0,02$ под давлением при различных температурах T , °K: 1 – 237; 2 и 4 – 248; 3 и 5 – 273; о – H_{K1} ; Δ – H_{K2}

Измерения показали, что зависимость $P_K(x)$ является линейной и $P_K \leq 0$ при $x \geq 0,012$. Установлено также, что во всех исследованных образцах при $P > P_K$ проявляются антиферромагнитные свойства с явно выраженным максимумом магнитной восприимчивости при температуре Нееля (T_N). Зависимость $T_N(x)$ оказалась линейной с наклоном $\partial T_N / \partial x = -160^\circ K$. Однако наибольший интерес вызывает то обстоятельство, что при $x > 0,012$, когда ферромагнитное состояние в сплавах не возникает ни при изменении температуры, ни при изменении давления, оно необратимо вызывается магнитным полем. Раз возникнув, это состояние сохраняется и после удаления магнитного поля.

Область существования индуцированной ферромагнитной фазы может быть найдена непосредственно, путем изучения ее магнитных свойств под давлением. Но оказалось возможным определить и границы области вероятного спонтанного возникновения ферромагнитной фазы. Для этого нами использовались зависимости $H_K(P)$, снятые при фиксированных температурах. При измерениях находились два значения H_K , соответствующие возникновению (H_{K1}) и исчезновению (H_{K2})

ферромагнитной фазы. На рис. 1 приведены результаты измерений для сплава с $x = 0,02$. Отметим три вывода, следующих из анализа этого рисунка: 1) зависимость $H_K(P)$ для всех температур оказалась линейной; 2) экстраполяция зависимости $H_K(P)$ к значению $H_K = 0$ позволили определить то давление, при котором, для заданной температуры, спонтанно возникает ферромагнитная фаза; 3) в области положительных давлений границы исчезновения ферромагнитной фазы, найденные прямыми измерениями, а также путем экстраполяции зависимости $H_{K_2}(P)$, совпадают.

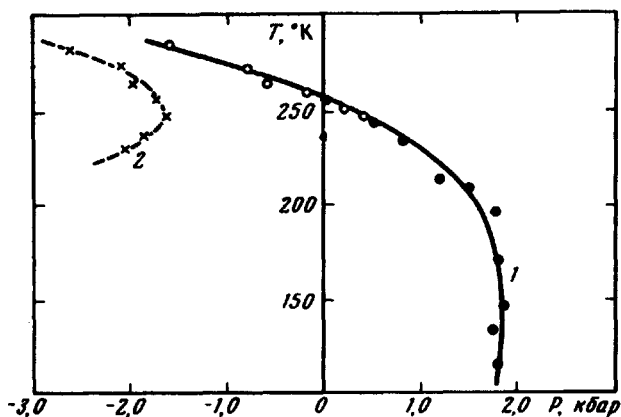


Рис. 2. Фазовая P - T -диаграмма сплава $Mn_{0,98}Fe_{0,02}As$: 1 и 2 – границы исчезновения и спонтанного возникновения ферромагнитной фазы

Основываясь на этих выводах и, используя соответствующие экспериментальные результаты, мы определили границы спонтанного возникновения и исчезновения ферромагнитной фазы для различных образцов исследованной системы. На рис. 2 приведена фазовая P - T -диаграмма для сплава с $x = 0,02$. При этом сплошная линия 1 соответствует исчезновению индуцированной ферромагнитной фазы, а пунктирная линия 2 – ее возникновению. Кроме того на линии 1 по разному обозначены экспериментальные значения, найденные прямыми измерениями (темные кружки) и путем экстраполяции (светлые кружки). Область, заключенная между кривыми 1 и 2 на рис. 2, есть метастабильная область. Во всей этой области можно необратимо индуцировать ферромагнитную фазу. Казалось бы, что индуцированная фаза, являясь метастабильной, может оказаться короткоживущей. Однако при специальных исследованиях не было обнаружено уменьшения намагниченности индуцированной фазы в течение 2000 часов.

Ферромагнитное состояние может вызываться сильным магнитным полем и за пределами метастабильной области. Однако такое индуцирование является обратимым, так как после воздействия магнитного поля восстанавливается исходное состояние.

Для образцов исследованной системы с $x > 0,012$ исходное и индуцированное состояние являются качественно различными в магнитном отношении. Предварительные рентгеновские исследования свидетельствуют о том, что в них реализуются и различные типы кристаллических решеток. Поэтому справедливо утверждение, что магнитное поле вызывает в этих веществах новое состояние. В природе, по-видимому, су-

ществует целый класс веществ, имеющих при атмосферном давлении устойчивые метастабильные состояния, которые можно реализовать только при воздействии сильного магнитного поля. Всестороннее изучение процесса индуцирования таких возможных состояний позволит углубить понимание механизма фазовых превращений и может оказаться полезным для практических применений.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию
3 июля 1974 г.

Литература

- [1] Н.П.Гражданкина, Ю.С.Берсенев. ЖЭТФ, 51, 1052, 1966..
 - [2] N.Menyak, J.A.Kafalas, K.Dwight, J.Goodenough. Phys. Rev., 177, 942, 1969.
 - [3] А.А.Галкин, Э.А.Завадский, В.И.Вальков.Phys. Stat. Sol., 46B, K23, 1971.
-