

УДК 537.622
 © 1991

МАГНИТОУПРУГИЕ СВОЙСТВА ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ АРСЕНИДОВ С КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ С38

С. А. Бужимский, В. И. Вальков, Н. А. Романова

Экспериментально исследованы магнитные и магнитоупругие свойства монокристаллических образцов $Fe_{0.786}Mn_{1.414}As$ ($a=2.2$), $Fe_{0.78}Mn_{1.19}As$ ($a=1.95$), принадлежащих системе $Fe_{a-x}Mn_xAs$ с кристаллической тетрагональной решеткой С38. Показано, что переходы антиферромагнетизм—угловая фаза чрезвычайно чувствительны к внешним сильному импульсному магнитному полю ($H \lesssim 200$ кЭ) и типу одноосных упругих деформаций. Для обоих образцов температура перехода в угловую фазу T_1 понижается с ростом гидростатического P_g и одноосного $P_{||}$ давления при $P \parallel c$ (c направлено вдоль тетрагональной оси). В случае $P \perp c$ зависимость $T_1(P_{\perp})$ — возрастающая линейная функция. Найдены зависимости величин критических полей H_k индуцированных переходов при $T > T_1$ от температуры и одноосных давлений. Проведены рентгеновские измерения при атмосферном давлении. Построены магнитные фазовые $T-P$, $T-H$ диаграммы, измерены величины поля анизотропии при $H \parallel c$. Показано, что при $T_1 < T < T_N$ магнитная восприимчивость и кривые намагничивания образцов близки по характеру для «трудного» и «легкого» направлений поля. Предполагается, что это обусловлено изменением типа анизотропии. Обсуждаются возможные причины выполаживания кривой $H_k(T)$ при $T \rightarrow T_N=(467-483)$ К.

Магнитные превращения порядок—порядок, наблюдаемые при понижении температуры в сплавах системы $Fe_{a-x}Mn_xAs$ с тетрагональной кристаллической решеткой С38, в настоящее время квалифицируются как

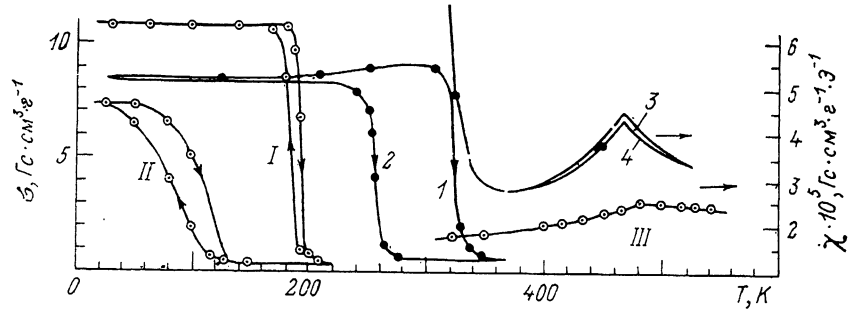


Рис. 1. Температурные зависимости намагниченности (1, 2; I, II) и восприимчивости (3, 4; III) исследуемых образцов, измеренные в статическом магнитном поле $H=12$ кЭ. Римские цифры — $a=1.95$, арабские — 2.2. P (кбар): I, III — 0.001; II — 3.5. 1 — 0.001, 2 — 4.8 ($H \perp c$). Кривые 3, 4 измерены при атмосферном давлении для $H \perp c$ и $H \parallel c$ соответственно.

переходы от антиферромагнитного состояния (АФ) $T_1 < T \leq T_N=460 \div 470$ К к угловой ферромагнитной (УФФМ) фазе при $T < T_1$ [1, 2].

Угловые периодические структуры обычно описывают как суперпозицию однородной M_0 и периодической M_g компонент пространственно зависящей плотности намагниченности $M(r)$ [3-5]. Впервые теоретическое исследование переходов АФ—УФФМ для указанной системы при $a \geq 1.95$ проведено нами на основе гейзенберговской модели в [3]. Возможность

возникновения угловой фазы, согласно [3], не противоречила симметрии решетки $P4/nmm$ и относного характера анизотропии, присущей низкотемпературному состоянию. Общие теоретические рассмотрение проблемы сосуществования ферро- и антиферромагнетизма в металлических магнетиках проведено в [4, 5] на основе флуктуационной теории магнетизма. Согласно этим работам, угловое периодическое состояние может возникать даже в изотропной среде. При этом переходы порядок—порядок реализуются как превращения второго рода.

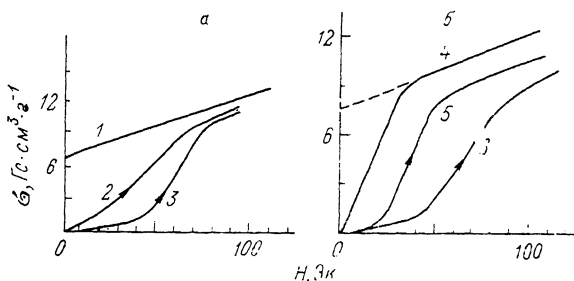


Рис. 2. Кривые намагничивания образца с $a=2.2$ в импульсном магнитном поле в ферри-магнитном (1, 4) и антиферромагнитном (2, 3, 5, 6) состояниях. $H \perp c \perp (P)$ (а), $H \parallel c \parallel P$ (б).

P , кбар: 1, 2, 4, 5 — 0.001; 3 — 0.52; 6 — 0.48. T , К: 1 — 321; 2, 3 — 343; 4 — 313; 5, 6 — 331.

К настоящему времени накоплен богатый фактический материал, отражающий наиболее характерные особенности переходов первого рода АФ—УФМ в сплавах системы $Fe_{a-x}Mn_xAs$ [6–10]. Тем не менее в литературе отсутствует ряд важных, на наш взгляд, экспериментальных данных, без чего не может быть построена картина, отражающая реальное многообразие магнитных свойств этой системы.

Основные характеристики образцов $Fe_{0.785}Mn_{1.414}As$ ($a=2.2$), $Fe_{0.76}Mn_{1.19}As$ ($a=1.95$)

a	T_1	T_N	$\Delta c/c_A$	$\Delta a/a_A$	$\Delta V/V_A$	dT_1/dH , К/кЭ	dT_1/dP_{\parallel}	dT_1/dP_{\perp}	dT_1/dP_{\parallel}
	К		%				К/кбар		
2.2	327	467	+0.39	-0.1	+0.17	0.36	-15	+16	-41
1.95	191	483	+1.7	-0.7	+0.3	0.16	-8	+14	-10

Продолжение

a	dH_K/dP_{\perp}	dH_K/dP_{\parallel}	H_A , кЭ	σ_0 , Гс · см ³ /г	$\chi_N \cdot 10^5$, Гс · см ³ /г · Э
	кЭ/кбар				
2.2	-62	+132	38.4	8.5	4.4
1.95	-75	+140	38	11	2.5

К таким данным можно отнести результаты, которые могут быть получены при исследовании влияния одноосных давлений на намагниченность насыщения $\sigma_0(T, H)$, восприимчивость $\chi(T)$ и величины критических полей $H_K(T)$ при индуцированных переходах АФ—УФМ. Целесообразность использования одноосных давлений можно обосновать следующими соображениями. Так как переходы порядок—порядок в исследуемых сплавах сопровождаются резким изменением параметров решетки c и a (см. таблицу), причем таким образом, что при возникновении угловой

Фазы $\Delta c/c > 0$, $\Delta a/a < 0$ и, напротив, $\Delta c/c < 0$, $\Delta a/a > 0$ при ее исчезновении, то изотермическое сжатие образцов перпендикулярно и параллельно тетрагональной оси $C_4 \parallel c$ должно моделировать спонтанные деформации, возникающие в результате магнитоупругого взаимодействия. Следовательно, из измерений влияния одноосных и гидростатических давлений на указанные характеристики можно получить информацию о параметрах магнитоупругих взаимодействий и соотношениях между ними.

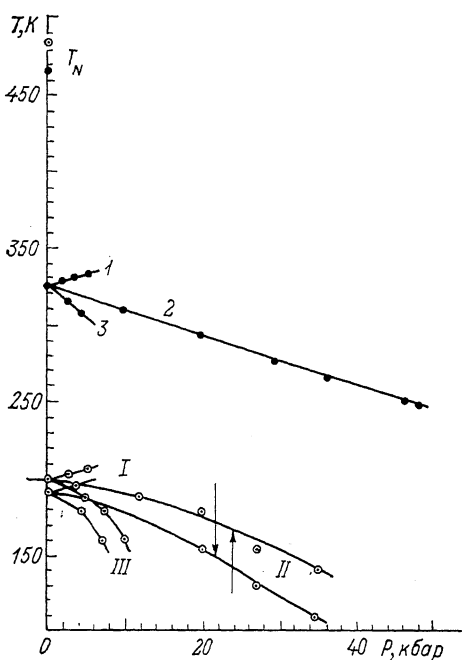


Рис. 3. Магнитные фазовые $T-P$ диаграммы для образца $a=2.2$ (арабские цифры) и $a=1.95$ (римские цифры для различных типов давлений).

1 — $P \perp c$; 2 — гидростатическое давление; 3 — $P \parallel c$. Той же последовательности соответствуют кривые I—III. Температуры Нееля измерялись только при атмосферном давлении. Кривые 1, 3 и I, III получены из измерений дифференциальной восприимчивости на основе индукционной методики; кривые 2, II — согласно результатам на рис. 1.

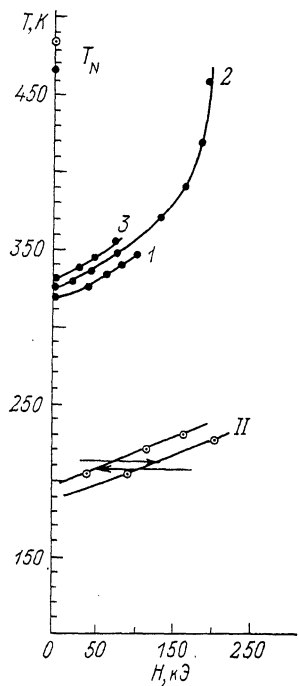


Рис. 4. Магнитные фазовые $T-H$ диаграммы исследуемых образцов при различных типах давлений.

Кривые 2, II построены при атмосферном давлении для образцов с $a=2.2$ (2) и 1.95 (II). Кривые 1, 3 получены для $P \parallel c$ и $P \perp c$ соответственно при $P=0.225$ кбар.

Для проведения исследований были выбраны монокристаллические образцы $Fe_{0.786}Mn_{1.414}As$ ($a=2.2$) и $Fe_{0.76}Mn_{1.19}As$ ($a=1.95$), свойства которых во многом определяются различной степенью нестехиометрии (стехиометрический состав $a=2.0$). Исследования осуществлялись на основе двух методик. В статическом поле $H=12$ кЭ на вибрационном магнитометре измерялись изобарические зависимости $\sigma(T)$ и $\chi(T)$ при гидростатическом сжатии образцов (рис. 1). Воздействие одноосных давлений на зависимости $\sigma(H)$ и дифференциальную восприимчивость $\chi_d(T)$ исследовалось на основе индукционной методики (рис. 2). На основе этих измерений были построены $(T-P)$ (рис. 3) и $(T-H)$ (рис. 4) диаграммы.

Анализ результатов приводит к следующим выводам. Одноосное давление $P \parallel c$ ($\Delta c/c < 0$) является сильным дестабилизирующим воздействием на угловое состояние УФМ ($dT_1/dP < 0$, $dH_k/dP > 0$) и ответственно за уменьшение величины намагниченности насыщения $(d\sigma_0/dP)_{T,H} < 0$. Воздействие одноосного давления $P \perp c$ ($\Delta a/a < 0$) оказывает более слабое, но стабилизирующее влияние на угловую фазу: $dT_1/dP > 0$, $dH_k/dP < 0$, $(d\sigma_0/dP)_{T,H} \approx 0$ (см. таблицу): При гид-

ростатическом сжатии $P=P_g$ ($\Delta c/c < 0$, $\Delta a/a < 0$) знаки указанных производных такие же, как и при $P \parallel c$. Поэтому можно утверждать, что магнитоупругие взаимодействия вдоль тетрагональной оси являются основными.

И наконец, из кривых $\sigma(H)$ и $\chi(T)$, измеренных в широком диапазоне температур при атмосферном давлении, можно сделать следующие заключения о характере анизотропии в состоянии УФМ и АФ.

Как легко видеть из кривой 4 (рис. 2), тетрагональная ось является осью трудного намагничивания, т. е. вектор ферримагнетизма расположен перпендикулярно этой оси. Для вектора антиферромагнетизма это утверждение неверно. В противном случае различия между $\chi_{\perp}(H \parallel c)$ и $\chi_{\parallel}(H \perp c)$ (рис. 1) должны существенно возрасти при понижении температуры. Но этого, как видно из кривых $\chi(T)$, не происходит. Поэтому наши измерения ставят под сомнение предположение авторов работы [9] о том, что магнитная структура состояния АФ в исследуемых сплавах является легкоплоскостной типа Fe_2As .

Список литературы

- [1] Moriya T., Usami K. // Sol. St. Comm. 1977. V. 23. P. 935—938.
- [2] Coto T. // J. Magn. Magn. Matt. 1986. V. 54—57. Pt2. P. 931—932.
- [3] Бужинский С. А., Вальков В. И., Завадский Э. А., Романова Н. А., Стефановский Е. П. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 12. С. 3534—3538.
- [4] Isoda M. // J. Magn. Magn. Matt. 1982. V. 27. P. 235—249.
- [5] Shimizu M. // J. Magn. Magn. Matt. 1985. V. 50. P. 310—328.
- [6] Вальков В. И., Завадский Э. А., Кирбитов В. М., Романова Н. А., Сибарова И. А., Тодрис Б. М. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 8. С. 2309—2315.
- [7] Бужинский С. А., Вальков В. И., Завадский Э. А. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 6. С. 231—237.
- [8] Бужинский С. А., Вальков В. И., Завадский Э. А. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 7. С. 238—240.
- [9] Sugiyama K., Kanomata T., Ido H., Data M. // J. Phys. Soc. Jap. 1988. V. 57. N 5. P. 1558—1561.
- [10] Вальков В. И., Завадский Э. А., Кирбитов В. М., Сибарова И. А., Тодрис Б. М. // УФЖ. 1987. Т. 32. № 9. С. 1418—1420.
- [11] Вальков В. И., Завадский Э. А., Тодрис Б. М., Асадов С. К. // ФТТ. 1982. Т. 24. № 5. С. 1531—1533.

Донецкий физико-технический институт
АН УССР

Поступило в Редакцию
10 апреля 1990 г.
В окончательной редакции
5 сентября 1990 г.