

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ИНДУЦИРОВАННЫХ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПЕРЕХОДАХ ПОРЯДОК-ПОРЯДОК В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ $Mn_{2-x}Zn_xSb$

Вальков В.И., Грибанов И.Ф., Сиваченко А.П., Каменев В.И., Хара Д.А.

Донецкий ФТИ НАН Украины им. А.А. Галкина.

Ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина

E-mail: valkov@dpms.fti.ac.donetsk.ua

Нейтроннографические исследования системы твердых растворов $Mn_{2-x}Zn_xAs$ [1] с тетрагональной кристаллической структурой C38 показали, что замещение ионов марганца в октаэдрической подрешетке II немагнитным цинком приводит для $0.05 < x < 0.25$ к появлению низкотемпературного антиферромагнитного состояния AFI (типа Mn_2As). При этом антиферромагнитная структура AFI одновременно сосуществует с утроенной ферримагнитной структурой I_f . Согласно [1] слабоферромагнитная структура I_f такая же, как промежуточная структура между антиферромагнитной AFI и ферримагнитной Fi структурами в сплавах $Mn_2(Cr)Sb$.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследований воздействия сильного магнитного поля на стабильность магнитоупорядоченных фаз в сплавах системы $Mn_{2-x}Zn_xSb$. Предметом исследования были поликристаллические и монокристаллические образцы с $0 \leq x \leq 0.3$, приготовленные по методике, описанной в [1].

В процессе исследований измерялись температурные и полевые зависимости намагниченности в статическом (напряженностью $H_0 \leq 10$ кЭ) и импульсном ($H \approx 200$ кЭ) магнитных полях.

При измерениях температурных зависимостей намагниченности в статическом поле исследовались фазовые переходы первого рода порядок-порядок из высокотемпературной (HT) в низкотемпературную (LT) фазу. Ниже температуры этих переходов $T_1(x) \approx 100K$ исследовались кривые намагничивания LT фазы в импульсном магнитном поле.

Основные полученные результаты, можно сформулировать следующим образом.

1. Низкотемпературный переход первого рода порядок-порядок, сопровождающийся спонтанной магнитострикцией и температурным гистерезисом приводит почти к двукратному уменьшению намагниченности насыщения σ . Например, для $x = 0,1$ ее величина изменяется от максимального значения $41 \text{ Гс см}^3/\text{Г}$ при $T = 125K$ в HT фазе до $21.7 \text{ Гс см}^3/\text{Г}$ при $T \leq 95K$ в LT фазе (рис.1а). Изменение параметра решетки $\Delta C/C \approx 0.4\%$ (рис.1б)

2. Возрастание концентрации цинка приводит к выполаживанию LT перехода и уменьшению намагниченностей насыщения в обеих фазах.

3. Анизотропные свойства проявляются в основном при изменении ориентации поля по отношению к тетрагональной оси C , которая является осью трудного намагничивания.

4. Наложение импульсного магнитного поля в LT фазе позволяет наблюдать обратимые индуцированные переходы первого рода $LT - HT$. Эти переходы проявляются как резкое возрастание $-B, D, F$, (уменьшение C, E, G) намагниченности в области критических полей H_1 (H_2), рис.2. Величина напряженности критических полей возникновения $-H_1$ и исчезновения $-H_2$ HT фазы является функцией температуры и

уменьшается по мере ее приближения к $T = T_1 = 125K$. При $T \geq 125K$ кривая намагничивания показывает только плавное возрастание намагниченности насыщения по полю.

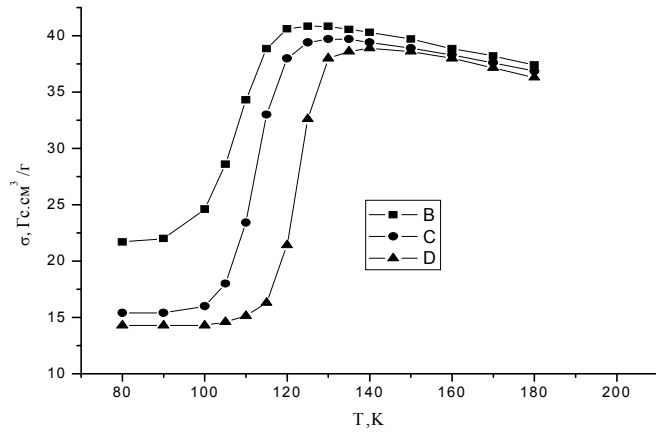


Рис.1а
Температурные зависимости намагниченности монокристаллического образца в исходном состоянии (В) и после закалки (С, D) при $H \perp C$. D- 50 мин. после закалки, С-23 часа после закалки

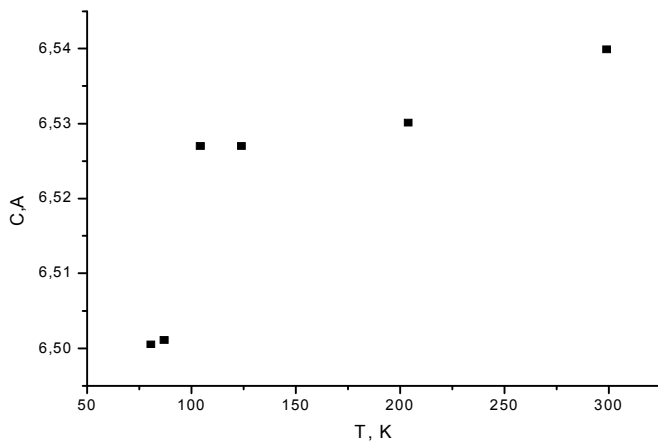


Рис.1б
Температурная зависимость параметра C для монокристаллического образца $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$.

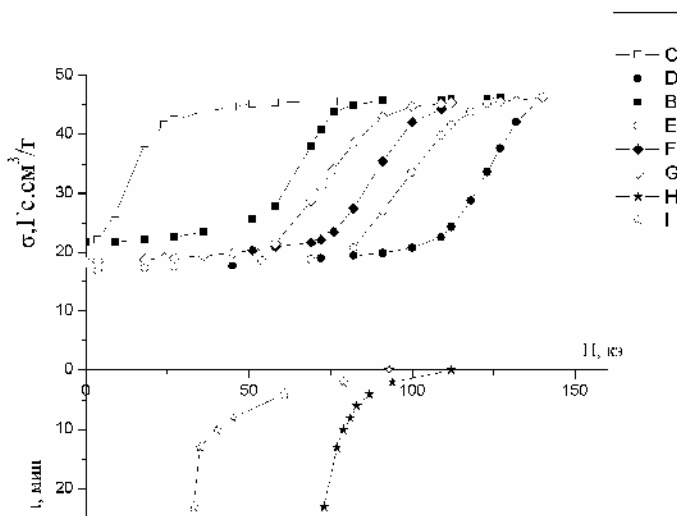


Рис.2.
Изотермические зависимости намагниченности σ от поля и критических полей H_1, H_2 (кривые H, I) от времени после закалки от 570K при $T = 77K$ ($H \perp C$). C, B- исходное состояние, D, E -закаленное, G, F - выдержанное после закалки 2 мин.

Подобные индуцированные переходы наблюдались в низкотемпературной фазе обобщенной системы $Mn_{2-x}A_xSb_{1-y}B_y$ ($A = Cr, Co; B = As, Ge$).

К необычным, ранее не известным результатам относятся особенности индуцированных переходов в исследуемой системе, возникающие после закалки образца от $T = 570K$ в жидкий азот. Эти особенности связаны с определенными изменениями свойств низкотемпературной фазы закаленного образца.

Во-первых, в закаленном образце исходная намагниченность при $T = 77K$ уменьшается, а значения критических полей H_1 и H_2 увеличиваются почти в 2 раза (рис.2 D, E).

Во-вторых, процессы намагничивания LT фазы закаленного образца являются повторяемыми, если при измерениях отогрев образца не проводился.

Если же произвести быстрый нагрев образца до комнатной температуры (вытащить образец из индукционной измерительной системы, помещенной в азотную ванну), то в зависимости от времени выдержки t при этой температуре его свойства начинают восстанавливаться к исходным, наблюдаемым после спекания. Это проявляется в увеличении намагниченности LT фазы и уменьшении величин критических полей. Наиболее резкие изменения в этом роде наблюдаются за первые $t = 10$ минут, рис.2 (H, I). Таким образом можно сделать вывод, что низкотемпературная фаза системы $Mn_{1,9}Zn_{0,1}Sb$ обладает рядом метастабильных состояний, которые можно реализовать путем закалки. Эти метастабильные состояния возможно имеют различную природу. Одна из точек зрения на этот счет приводится в нижеследующем анализе.

При анализе полученных результатов мы исходили из следующего.

Во-первых, стабильная низкотемпературная фаза- LT , возникающая при охлаждении изготовленного образца по методике [1] является однородной.

Во-вторых, эта однородная фаза представляет собой сосуществование ферримагнетизма и антиферромагнетизма, как проявление сосуществования ферримагнитной и антиферромагнитной компонент полного магнитного момента образца [2] (детали ферримагнитной и антиферромагнитной структуры исследованы в [1] методом нейтронной дифракции).

В-третьих, соотношение значений величин этих компонент определяется глобальным минимумом энергии для однородной системы.

В-четвертых, закалка образца от температуры превышающей температуру разупорядочения $T_c = 540K$ приводит к появлению неоднородной кластерной магнитной структуры для которой это соотношение нарушается в пользу увеличения АФ компоненты. При низких температурах эта структура существует как «замерзшая» и проявляется как стабильное состояние. Однако в результате тепловых флуктуаций спиновой плотности при комнатной температуре происходит релаксация магнитной структуры к стабильному однородному состоянию для которого антиферромагнитная компонента имеет меньшее, а ферримагнитное большее значение. Одной из причин подобного поведения является отклонение от наиболее вероятного распределение немагнитных (Zn) включений внутри магнитной подрешетки в результате процесса закалки, влекущее к нарушению условий устойчивости ферримагнитной и антиферромагнитной компонент.

Литература.

1. Дымонт В.И., Маковецкий Г.И., Рыжковский В.М. ФТТ, 1994, т.36, №10, С.2916-2925.
2. Т. Мория, Спиновые флуктуации в магнетиках с коллективизированными электронами, М.«Мир», 1980, с.287.