

МАГНИТНЫЕ И МЕССБАУЭРОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ (Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn

В.А. Вирченко, Т.М. Ткаченко, К.И. Янушкевич.
Институт физики твердого тела и полупроводников НАН РБ.
220072 Минск, П. Бровки, 17.

Станнид марганца, кристаллизующийся в структуре Ni₂In (пространственная группа $D_{6h}^4 - \frac{C_6}{mmc}$), по составу примерно соответствующий Mn_{1.7}Sn, обладает протяженной областью гомогенности. В [1] методом нейтронографии определена магнитная структура Mn_{1.74}Sn. Установлено, что это ферримагнетик с антипараллельной ориентацией магнитных моментов атомов марганца в октаэдрической (MeI) и тригонально-бипирамидальной (MeII) подрешетках в базисной плоскости, а соответствующие величины магнитных моментов равны 0.8 и 3.8 μ_B . Взаимозамещение атомов марганца другими 3d-металлами приводит к существенному изменению магнитных свойств. В [2] показано, что замещение атомов марганца кобальтом снижает температуру Кюри и величину среднего магнитного момента. При этом вопрос, в каких позициях атомы кобальта замещают атомы марганца, остается открытым. Поэтому целью настоящей работы стало как изучение магнитных свойств твердых растворов (Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn, так и установление характера распределения атомов марганца и железа по структурно неэквивалентным позициям гексагональной решетки.

Образцы твердых растворов с шагом по концентрации 10 % мол. получали методом прямого сплавления в вакуумированных ампулах. Рентгеновские исследования показали, что однофазность образцов сохраняется до содержания железа 30 % мол. Параметры элементарной ячейки практически линейно уменьшаются с увеличением содержания железа x , см. таблицу 1.

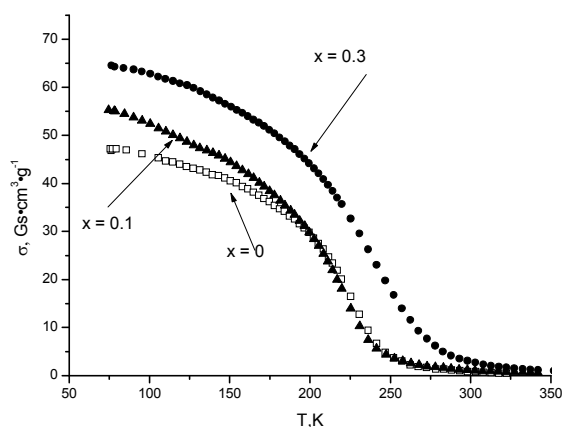
Таблица 1. Параметры элементарных ячеек, величины средних магнитных моментов, температуры Кюри сплавов системы (Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn.

x	a , nm	c , nm	μ , μ_B (T=80K)	T_c , K
0	0.438	0.550	1.06	240
0.1	0.437	0.548	1.26	235
0.2	0.435	0.545	1.44	230
0.3	0.434	0.542	1.46	260

Для определения характеристик магнитного состояния твердых растворов было проведено исследование магнитных свойств в области температур 80-300К. Измерения проводили методом Фарадея в поле 0.86 Т. Температура Кюри определялась экстраполяцией квадрата намагниченности на ось температур. Все исследуемые твердые растворы при температуре жидкого азота имеют отличную от нуля спонтанную намагниченность. На рис. представлены температурные зависимости удельной намагниченности порошковых образцов твердых растворов, величины средних магнитных моментов при 80К и температур Кюри приведены в таблице 1. По результатам магнитных измерений очевидно, что замещение атомов марганца атомами железа приводит к возрастанию среднего магнитного момента, а температура Кюри проходит через минимальное значение в сплаве состава $x=0.2$.

Для уточнения характера распределения атомов по двум типам позиций и интерпретации магнитных измерений, были проведены мессбауэровские исследования образцов сплавов (Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn при температурах 80 и 300 К. Измерения проведены в геометрии пропускания, источником резонансного гамма-излучения служил ^{57m}Co (Rh),

изомерные сдвиги измерены относительно α -Fe. Мессбауэровские спектры образцов при 300К представляют собой суперпозицию дублетов, что свидетельствует об их парамагнитном состоянии при данной температуре, и согласуется с результатами магнитных измерений. Каждый спектр может быть представлен суперпозицией двух дублетов различной интенсивности, относящихся к атомам железа в позициях FeI и FeII, соответствующие величины квадрупольных расщеплений составляют $KP_1=0.58$ и $KP_2=0.46$ мм/с. Изомерные сдвиги подспектров практически совпадают (ИС=0.40 мм/с). Увеличение содержания железа не приводит к существенным изменениям параметров спектров.



Полученные результаты можно интерпретировать, исходя из рассмотрения локального окружения атомов железа в гексагональной решетке. В ближайшем окружении атомов FeI находится 8 атомов металла: 6 в тригонально-бипирамидальных позициях и 2 в октаэдрических. Для FeII в первой координационной сфере присутствует 6 атомов в октаэдрических позициях. Так как межатомные расстояния для 8 атомов не

одинаковы, и концентрация атомов в тригонально-бипирамидальных позициях не достигает 1, то окружение атома FeI менее симметрично, чем FeII. Относительно более высокая степень несимметричности локального окружения создает на ядре атома FeI больший градиент электрического поля, чем на ядре атома FeII. В результате, квадрупольное расщепление подспектра, соответствующего FeI, больше по сравнению с подспектром FeII. Следует отметить, что величина КР не чувствительна к изменению соотношения атомов Fe/Mn. Постоянство изомерного сдвига подтверждает однофазность образцов всех сплавов. Скачок в ИС обычно наблюдают при фазовом структурном переходе.

Мессбауэровские спектры при 80К представляют собой наложение двух секстетов различной интенсивности. В таблице 2 приведены величины ИС, сверхтонкие магнитные поля на ядрах железа (H_{eff}) и относительные интенсивности подспектров (I/I_0).

Таблица 2. Параметры мессбауэровских спектров ^{57}Fe сплавов $(Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn$ при 80К.

x	FeI			FeII		
	ИС, мм/с	H_{eff} , кЭ	I/I_0 , отн.ед	ИС, мм/с	H_{eff} , кЭ	I/I_0 , отн.ед
0.1	0.97	96	0.82	0.45	168	0.18
0.2	0.94	116	0.80	0.42	179	0.20

Атомы железа в сплавах $(Mn_{1-x}Fe_x)_{1.68}Sn$ предпочтительно занимают октаэдрические позиции гексагональной структуры. Величины изомерных сдвигов указывают на низкоспиновое состояние атомов железа. Этот вывод согласуется и с известными результатами [1]. Замещение атомов марганца атомами железа приводит к увеличению среднего магнитного момента сплава.

Литература.

1. M.S. Satya Murthy, R.J. Begum, B.S. Srinisan, M.R. Murthy. Phys.Letters, v.15, p.225 (1965)
2. N. Tokiwa, T. Yoshida, T.Shomomura, R.Sugi, H. Mitoba and S. Anrai. Phys. St. Solidi (b), v.189, p.K33 (1995).