КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ (0,05≤x≤0,30)

Римский Г.С., Магонов С.Н., Митюк В.И., Янушкевич К.И.
НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, Брест, Беларусь, rimskiy@physics.by

Введение.

Интерметаллические сплавы и твердые растворы, которые обладают магнитоструктурными фазовыми переходами, представляют интерес для теории и практики благодаря наличию таких эффектов как, магнитосопротивление, магнитокалорический эффект, магнитострикция. Фазовые превращения в них связаны с изменением плотности электронных состояний вблизи поверхности Ферми. В связи с этим исследование особенностей деформации элементарной кристаллической ячейки, изменение параметров ячейки под воздействием температуры, давления, легирования является важным для понимания механизма фазовых превращений. Сплавы и твердые растворы на основе MnNiGe являются удобными модельными объектами изучения статических и динамических искажений кристаллической решетки, поскольку в них реализуются магнитоструктурные превращения, как первого, так и второго рода. Цель работы - изучение особенностей кристаллического упорядочения и магнитных свойств закаленных образцов твердых растворов $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ ($0,05 \le x \le 0,30$).

Методика эксперимента.

Поликристаллические порошки получены синтезированы в однозонной печи сопротивления с последующей закалкой в воде. Состав и параметры кристаллической ячейки изучены в *CuKα*-излучении. Температурные зависимости удельной намагниченности исследованы пондеромоторным методом в интервале температур $80 \le T \le 700$К. Удельная намагниченность насыщения и параметры петель гистерезиса образцов определены в магнитных полях до 14 Тл при температурах 5 и 80 К.

Результаты и обсуждение.

На рисунке 1 представлены рентгенограммы твердых растворов $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ ($0,05 \le x \le 0,30$).

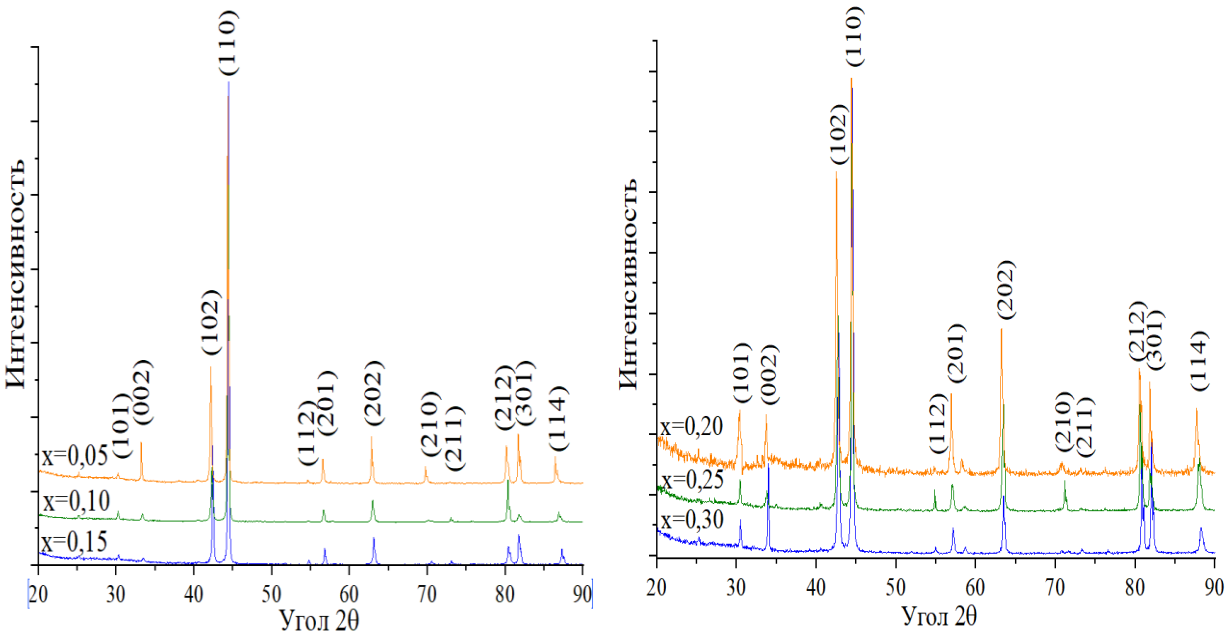


Рисунок 1 – Рентгенограммы порошков образцов $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ составов x = 0,05; 0,10; 0,15; 0,2; 0,25, 0,3

Анализ рентгенограмм показал кристаллическую однофазность составов. Установлено, что составы $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ (0,05≤x≤0,30) обладают гексагональной структурой типа Ni_2In ($B8_2$) пространственной группы $P6_3/mmc$ (D_{6h}^4). В таблице 1 приведены значения параметров *a* и *c*, соотношения осей *c/a*, величины объемов элементарных ячеек *V* и рентгеновская плотность $\rho_{рен}$ порошков системы $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$.

Таблица 1 - Величины *a* и *c*, соотношения осей *c/a*, объемы *V* элементарных ячеек и рентгеновская плотность $\rho_{рен}$ образцов $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$

x	*a,нм*	*c,нм*	*c/a*	*V*, 10^{-2} нм^3	$\rho_{рен}$(г/см^3)
0.05	0,409	0,535	1,31	7,751	7,981
0.1	0,408	0,535	1,31	7,713	8,022
0.15	0,408	0,534	1,31	7,698	8,040
0.2	0,407	0,534	1,31	7,661	8,081
0.25	0,407	0,533	1,31	7,646	8,099
0.3	0,406	0,529	1,30	7,552	8,201

Температурные зависимости удельной намагниченности составов 0,05≤x≤0,30 представлены на рисунке 2.

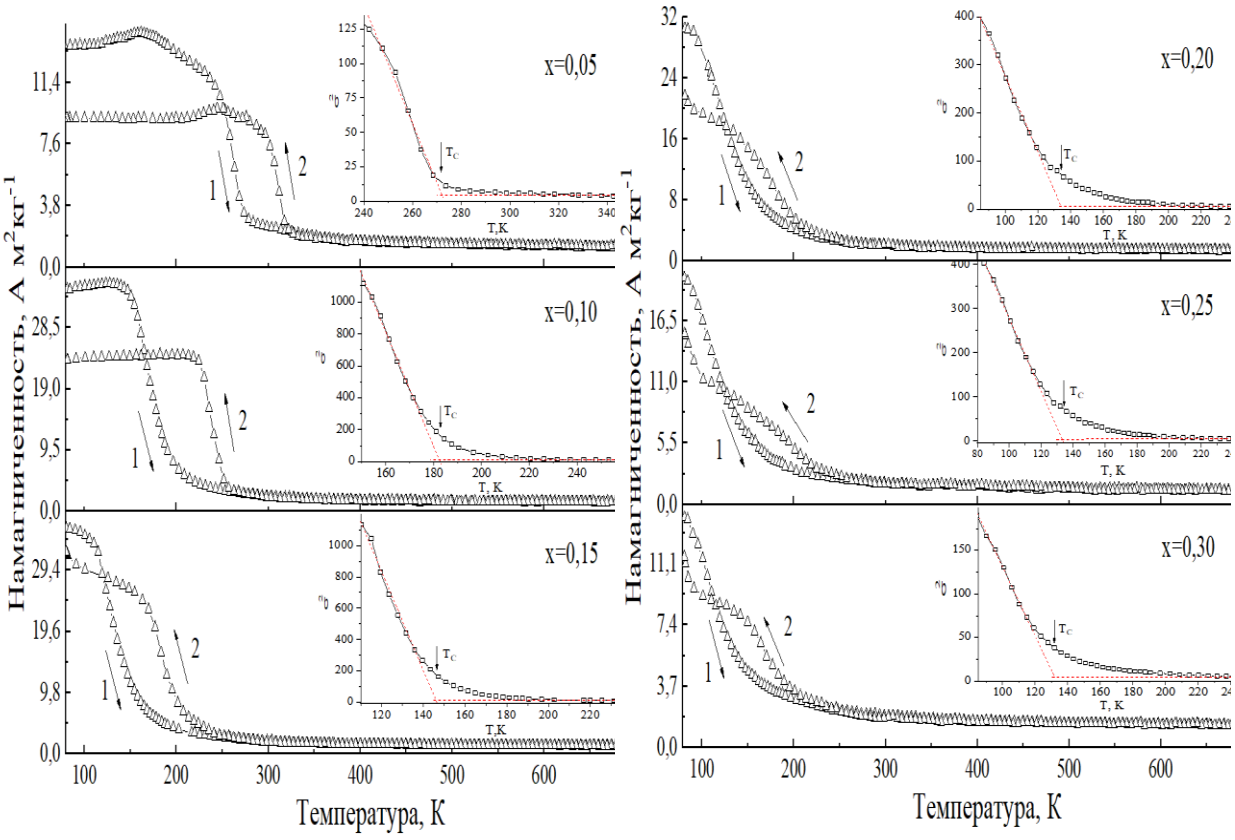


Рисунок 2 – Температурные зависимости удельной намагниченности $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ составов x = 0,05; 0,10; 0,15, 0,20; 0,25; 0,30 при нагреве (1) и охлаждении (2) в магнитном поле 0,86 Тл. На вставке приведены зависимости $\sigma^2 = f(T)$ определения температур Кюри.

Из зависимостей рисунка 2 $\sigma=f(T)$ следует, что вблизи температур T_C разрушения дальнего магнитного упорядочения наблюдается гистерезис. Значения удельной намагниченности, средних магнитных моментов при 80К и T_C представлены в табл.2.

Таблица 2 - Величины удельной намагниченности при 80К, температуры Кюри и средних магнитных моментов $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ (0,05≤x≤0,30)

x	σ_{80K}, $А·м^2·кг^{-1}$	T_C, *K*	$\mu_{80K.}$,$\mu_Б$
0.05	13,7	272	0,45
0.10	34,5	183	1,15
0.15	36,1	147	1,20
0.20	30,1	135	1,02
0.25	20,4	133	0,68
0.30	13,9	132	0,46

На рисуноке 3 представлены зависимости удельной намагниченности. При температуре 300К образцы парамагнитны.

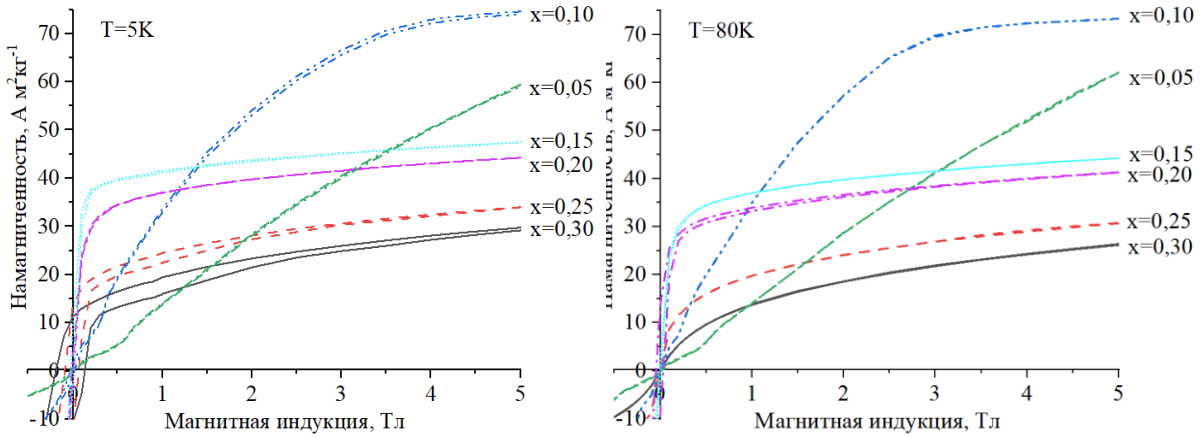


Рисунок 3 – Петли гистерезиса удельной намагниченности $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ составов *x* = 0,05; 0,10; 0,15, 0,20; 0,25; 0,30 при температурах 5 и 80 К.

Величины магнитных характеристик твердых растворов системы $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ при 5 и 80 К приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Удельная намагниченность насыщения, магнитный момент, удельная остаточная намагниченность, коэрцитивная сила при температурах 5 и 80К

x	T=5K					T=80 K				
	σ_s, $А·м^2·кг^-$	μ, μ_B	σ_r, $А·м^2·кг^-$	H_c, Э	σ_s/σ_r	σ_s, $А·м^2·кг^-$	μ, μ_B	σ_r, $А·м^2·кг^-$	H_c, Э	σ_s/σ_r
0,05	–	–	0,6	550	–	–	–	0,34	385	–
0,10	72,91	2,43	1,8	625	40,51	69,85	2,33	0,6	250	116,42
0,15	38,51	1,29	10,75	520	3,58	34,05	1,14	0,875	70	38,91
0,20	31,01	1,04	14,5	930	2,14	25,49	0,85	0,77	90	33,10
0,25	20,08	0,67	13,4	1600	1,50	17,73	0,59	0,34	25	52,15
0,30	14,97	0,50	11,3	3350	1,32	12,35	0,41	0	0	0

Выводы.

1. Методом синтеза в твердой фазе с последующей закалкой в воду получены однофазные образцы $Mn_{1-x}Fe_xNiGe$ в интервале концентраций 0,05≤x≤0,30.

2. Увеличение концентрации железа приводит к уменьшению параметров элементарной кристаллической решетки.

3. Установлено, что температура Кюри исследованных образцов уменьшается при увеличении концентрации *x* железа при замещении.