

МАГНИТНАЯ ТЕКСТУРА АМОРФНЫХ Fe - В СПЛАВОВ

© 2016 г. В.С. ПОКАТИЛОВ, В.В. ПОКАТИЛОВ, Р.В. СУНДЕЕВ, А.П. СКОРЛУПОВ

Московский технологический университет (МИРЭА)
e-mail: pokatilov@mirea.ru

Аморфные магнитные металлические сплавы на основе железа, кобальта и никеля не имеют дальнего атомного порядка. Однако в этих сплавах существует дальний магнитный порядок [1]. Важное значение для понимания природы магнитных свойств аморфных ферромагнитных сплавов имеет информация о направлении магнитных моментов в аморфных образцах в виде ленточек [2]. Эти данные могут быть получены методом мёссбауэровской спектроскопии, используя измерения относительных интенсивностей спектральных линий. Систематические исследования магнитной структуры аморфных сплавов практически не проводятся. Цель настоящей работы - измерение магнитной структуры аморфных ферромагнитных сплавов в системе Fe - В в широкой области составов.

Экспериментальные образцы и методы исследования

Аморфные Fe(75 + x)В(25 + x) (x=0 - 12) были приготовлены методом сверхбыстрой закалки расплава (методом спинингования). Сплавы приготавливались на воздухе. Образцы имели форму ленты шириной 10мм и толщиной 20-22мкм. Кристаллическая структура и аморфное состояние сплавов исследовалась рентгенографическим методом. Все исследуемые образцы сплавов были рентгено-аморфными. На рис. 1 представлены в качестве примера рентгено-дифракционные спектры для некоторых образцов Fe - В. Рентгеноспектральный анализ состава полученных образцов показал, что содержание компонентов сплавов определялось с точностью не хуже $\pm 0,1$ ат. %.

Измерение мёссбауэровских спектров были выполнены на ядрах ^{57}Fe при 295 и 87К в геометрии поглощения, используя источник $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$ и спектрометр MS1104em (разработка НИИ Физики, г. Ростов-на-Дону). Обработка спектров проводилась по программам DISTRI-M [3].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1 в качестве примеров приведены мёссбауэровские спектры двух аморфных сплавов, содержащих Fe75B25 и Fe85.8B14.2, измеренных при комнатной температуре. Спектры представляют собой сильно уширенные секстеты с увеличенными интенсивностями 2 – ой и 4 – ой линий спектров, что указывает на существование магнитной текстуры в аморфных образцах. Все спектры широкие, что характерно для аморфного состояния. Мёссбауэровские результаты этих образцов подтверждают рентгено-аморфное состояние исследуемых образцов. Для всех мёссбауэровских спектров были восстановлены функции распределения P(B) магнитного сверхтонкого поля В на ядрах ^{57}Fe . При обработке предполагалось, что существуют линейные корреляции сверхтонкого магнитного поля В, сдвига линии δ и квадрупольного смещения ϵ компонент спектра.

Для тонкого образца отношения интенсивностей I шести линий поглощения в одном секстете имеют вид

$$I_1 : I_2 : I_3 : I_4 : I_5 : I_6 = 3 : p : 1 : 1 : p : 3 \quad (1)$$

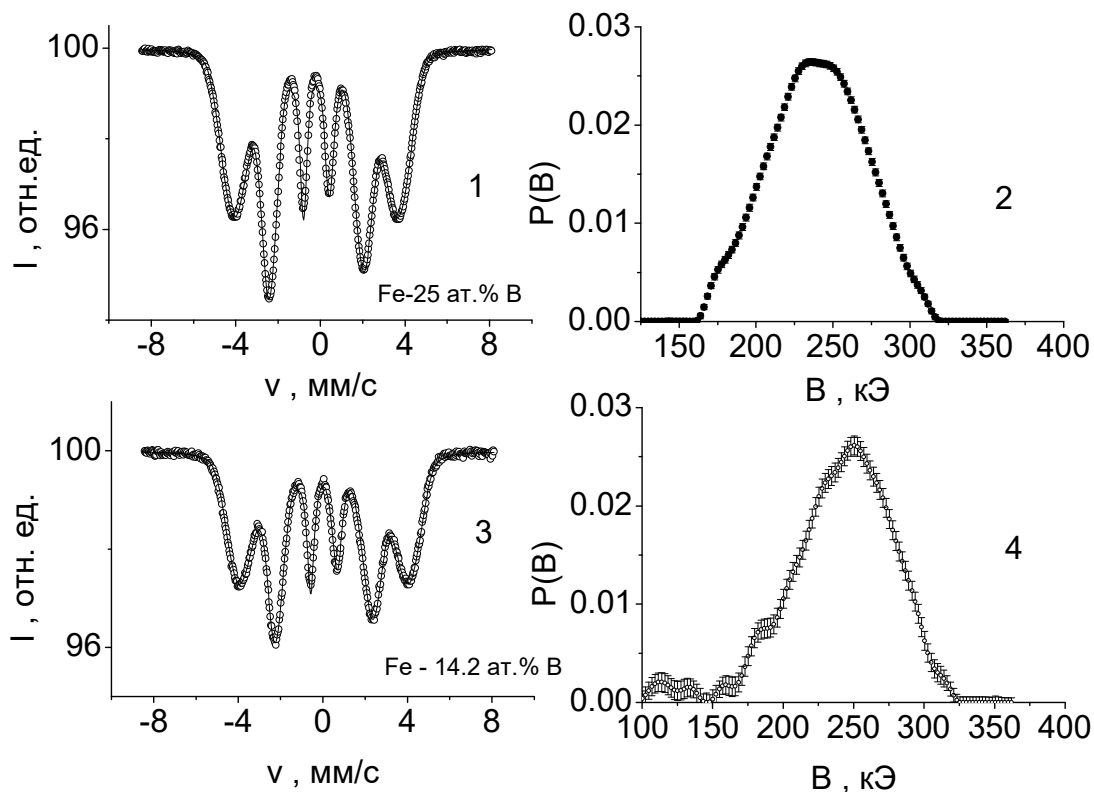


Рис. 1. Мёссбауэровские спектры ^{57}Fe и восстановленные функции распределения $P(B)$ сверхтонких магнитных полей B в аморфных сплавах $\text{Fe} - 25\text{ат.}\% \text{B}$ (1 и 2) и $\text{Fe} - 14.2\text{ ат.}\% \text{B}$ (3 и 4).

где величина $p = 4\sin^2\theta/(1 + \cos^2\theta)$ для коллинеарных магнитных моментов атомов железа, θ – угол между направлением магнитного момента и направлением гамма – лучей [2]. Значения p могут изменяться от 0, при котором все моменты перпендикулярны к направлению гамма – лучей, до 4, когда все моменты параллельны направлению гамма – лучей. Магнитная структура случайно ориентированных моментов будут иметь значения p , близкого к 2. Отношение площадей, полученных из аппроксимации экспериментального спектра линиями в виде Лоренца дает разумную точность отношения интенсивностей из аппроксимации экспериментального спектра распределением сверхтонких полей $P(B)$.

В табл. 1 приведены характеристики функций распределения для спектров, измеренных при комнатной температуре – среднее значение сверхтонких полей $B_{\text{ср}}$, среднее значения сдвига линии δ и квадрупольного сдвига ϵ , а также p и средних углов θ между направлением магнитного момента и направлением гамма – лучей. Величины $B_{\text{ср}}$ изменятся в зависимости от состава. Поле $B_{\text{ср}}$ пропорционально локальному магнитному моменту μ атома железа. Изменения $B_{\text{ср}}$ указывают на изменение μ от состава при комнатной температуре. Полученные значения p свидетельствуют о том, что имеется текстура в распределении магнитных моментов по толщине ленты и сверхтонкое поле B на ядрах ^{57}Fe (а, следовательно и локальный магнитный момент на атомах железа) в исследуемых сплавах не лежит в плоскости ленточки, так как в этом случае угол $\theta = 90^\circ$ и $p = 4$, но и не в направлении $\theta = 0^\circ$, так как в этом случае $p = 0$ в аморфных сплавах $\text{Fe} - \text{B}$. Методом электронной микроскопии было установлено, что аморфные ленты $\text{Fe} - \text{B}$ содержат как 180° – домены (где магнитные моменты лежат в плоскости ленты) так и мозаически доменную структуру на поверхности ленты (т.е. имеются области, в которых вектор намагниченности перпендикулярен плоскости ленты) [1]. Полученные значения угла θ подтверждают эти результаты. Для образцов, свободных от внешних напряжений, значения p изменяются от 2.6 до 2.9. Результаты этой

работы показывают, что средние ориентации магнитных моментов железа заметно ближе к значениям $60 - 65^\circ$, что, вероятно, является следствием того, что ленты очень тонкие (20 мкм) и размагничивающий фактор перпендикулярно плоскости ленты является существенным (близок к 4π), что заставляет моменты лежать ближе к плоскости ленты. Однако существование микрообластей с разными ближними порядками и, вероятно, “замороженных” напряжений при сверхбыстрой закалке лент может обусловить то обстоятельство, что угол θ лежит вблизи значений $63 \pm 3^\circ$, а магнитный момент составляет с плоскостью ленты $27 \pm 3^\circ$.

Таблица 1

Концентрационные зависимости средних сверхтонких полей V_{cp} , сдвигов линий δ_{cp} , квадрупольных смещений ϵ_{cp} , параметра текстуры ρ и угла θ

х, ат. % В	$V_{cp}, \pm 0.5$ кЭ	$\delta_{cp}, \pm 0.004$ мм/с	$\epsilon_{cp}, \pm 0.004$ мм/с _{max}	$\rho, \pm 0.05$	$\theta, \text{град.} \pm 3^\circ$
25	237,5	-0.198(7)	-0.007(2)	2.78	65
235.2	247.0	0.075(4)	-0.003(1)	2.74	64
18	248,0	0,054(1)	-0.003(9)	2.88	60
16	247.5	0.048(3)	-0.004(5)	2.62	63
14.2	244.1	0.040(7)	-0.001(4)	2.61	63

Заключение

Изготовлены аморфные сплавы Fe – В методом сверхбыстрой закалки расплава (методом спинингования) на вращающемся диске. Исследования аморфных сплавов Fe-B в области составов 14-25 ат.%В методом эффекта Мёссбауэра при комнатной температуре показали, что спектры представляют собой сильно уширенные секстеты с увеличенными интенсивностями 2 – ой и 5 – ой линий, обусловленных магнитной текстурой аморфных образцах. Обнаружено, что магнитные моменты атомов железа при комнатной температуре лежат под углом $27 \pm 3^\circ$ к плоскости ленты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аморфные металлические сплавы. Ред. Ф. Любарского//М. Metallurgia, 1987, 572с.
2. *Aghamohammadzadeh H, Williams J.M., Gibbs M., Pamar B.S., Davies H.A.* Mössbauer spectroscopic studies of the moment distribution in Fe_{73.5}Cu₁Nd₃Si_{13.5}B₉. // Journal of Applied Physics/ - 2000, v. 87, № 9, p. 7106 - 7108.
3. *Nakajima T., Kita E., Ino H.* Crystallization proses and magnetic properties of Fe_{100-x}B_x (10 – 35) amorphous alloys and supersaturated state of boron in б – Fe// Mater Science, 1988, v. 23, p. 1279 – 1288.
4. *Русаков В.С.* Мёссбауэровская спектроскопия локально неоднородных систем. Изд-во Ин-та ядерной физики НЯЦ, Алматы (2000). 430 с.