

МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ВОЗВРАТНЫХ СПИНОВЫХ СТЕКЛАХ $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$

А.А.Вертий*, А.В.Голык*, Г.А.Такзей, С.И.Тарапов*

*Институт металлофизики АН Украины
252142 Киев, Украина*

**Институт радиофизики и электроники АН Украины
310085 Харьков, Украина*

Поступила в редакцию 4 марта 1993 г.

В аморфном фрустрированном сплаве $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ с $x = 0,08$, испытывающем возвратный переход "парамагнетик-ферромагнетик-спиновое стекло", ниже температуры Кюри, но выше температуры перехода в фазу возвратного спинового стекла наряду с широкой линией магнитного резонанса обнаружен не наблюдавшийся ранее "узкий" (типа ЭПР) резонансный пик.

В ряде теоретических ^{1,2} и экспериментальных ³ работ показано, что при охлаждении фрустрированных ферромагнетиков (ФМ) перед образованием фазы возвратного спинового стекла (СС) в них возникает неколлинеарное магнитное (асперомагнитное) состояние, имеющее локальный характер. Искажения коллинеарной магнитной структуры возникают вблизи так называемых фрустрированных узлов ¹, в которых расположены атомы, связанные с соседними не только ФМ, но и антиферромагнитными обменными связями. Существенно, что спины, центрированные на таких узлах, находятся в гораздо меньшем молекулярном поле, чем спины окружающей ФМ матрицы ^{1,2}. В связи с этим можно ожидать, что при некоторых условиях на таких почти свободных спинах возможно возникновение резонанса типа ЭПР. В настоящей статье на примере аморфных фрустрированных сплавов $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$, испытывающих возвратные температурные переходы парамагнетик-ФМ-СС ⁴, зарегистрировано отмеченное явление.

Исследования магнитного резонанса проводили на частоте 75 ГГц в температурном интервале 0,3–200,0 К по методике ⁵ в ортогональной конфигурации полей с использованием радиоспектроскопического комплекса "Буран" ⁶.

На рис.1 в качестве примера приведены линии магнитного резонанса аморфного сплава $(\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,92})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ при различных температурах. Видно, что при температурах, меньших температуры Кюри $T_C = 32$ К ⁴, происходит уширение линии магнитного резонанса и смещение ее центра в область более низких магнитных полей. Аналогичным образом ведут себя резонансные линии в сплавах $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ с $x = 0,09$ и $0,10$. Из соответствующих экспериментальных данных можно оценить значения g -фактора, которые, например, для сплавов с $x = 0,08$ и $0,10$ вблизи T_C соответственно составили 1,860 и 1,827. Из рис.1 также видно, что при температурах $T \approx T_f < T_C$, близких к температуре T_f возникновения фазы возвратного СС, резонансная линия приобретает необычный П-образный вид, причем при понижении температуры ее полуширина резко возрастает (рис.2). Последнее согласуется с результатами ⁷ при учете использованных в настоящей работе достаточно высоких частот эксперимента. Однако здесь мы не будем обсуждать отмеченные особенности линии магнитного резонанса.

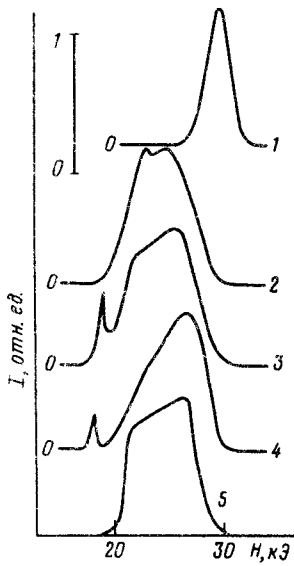


Рис.1

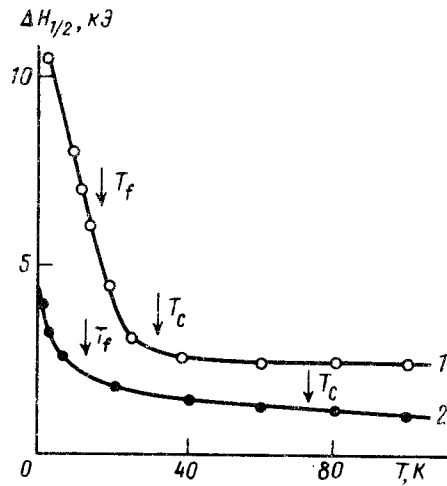


Рис.2

Рис.1. Линии магнитного резонанса сплава $(\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,92})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ при температурах: 27 К (1), 21 К (2), 18 К (3), 16 К (4) и 11,5 К (5)

Рис.2. Температурная зависимость полуширины резонансной линии сплавов $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ с $x = 0,08$ (1) и $x = 0,09$ (2). T_C - температура Кюри, T_f - температура возникновения возвратного спинового стекла

Из рис.1 следует, что помимо выше рассмотренной линии магнитного резонанса на ее фоне в сплаве $(\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,92})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ наблюдается еще один резонансный пик, полуширина $\Delta H_{1/2} \approx 200$ Э которого в пределах ошибки эксперимента не зависит от температуры. Назовем для определенности этот последний резонанс узким. Насколько известно авторам, в металлических системах с возвратными переходами ПМ-ФМ-СС указанный эффект ранее не наблюдался. Поэтому его рассмотрение представляет самостоятельный интерес.

В связи с этим отметим, что причины возникновения узкого резонанса могут быть поняты в рамках модели ^{1,2} возвратных переходов ПМ-ФМ-СС, согласно которой при температурах $T_f < T < T_C$ из-за наличия конкурирующего обменного взаимодействия в ФМ сплавах, расположенных вблизи критической концентрации возникновения дальнего ФМ порядка, образуются фрустрированные узлы. При этом связанные с ними спины находятся в гораздо меньшем молекулярном поле, чем спины ФМ окружения. Если такие почти свободные спины к тому же слабо взаимодействуют между собой и с окружающей ФМ матрицей, их коллектив, по-видимому, можно рассматривать как почти независимую ЭПР-систему. В самом деле, используя известное соотношение для времени T_2 спин-спиновой релаксации

$$T_2 = h / \mu_B g \Delta H_{1/2}$$

и полученное выше экспериментальное значение $\Delta H_{1/2}$ резонансной линии, и полагая $g = 2$, нетрудно получить $T_2 = 2,8 \cdot 10^{-10}$ с, что характерно для времени

релаксации почти свободного (ЭПР) спина $1/2$ ⁸.

Вполне понятно, что при переходе сплава в замороженное состояние обратного СС при температуре $T_f(H) < T_f(0) = 18\text{ К}$ ⁴, где H – внешнее магнитное поле, рассматриваемый резонанс должен исчезать, что и наблюдается в действительности (рис.1).

Следует подчеркнуть, что описанный выше узкий резонанс не наблюдается в сплавах $(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$ с $x = 0,09$ и $0,10$. Это может быть связано с тем, что на магнитной фазовой диаграмме указанные сплавы находятся дальше от критической концентрации $x_0 = 0,075$ возникновения ФМ порядка вглубь ФМ фазы ⁴ и, следовательно, в них при температурах $T_f < T < T_C$ реализуется гораздо меньше фрустрированных узлов, чем в сплаве $(\text{Fe}_{0,08}\text{Ni}_{0,92})_{77}\text{B}_{13}\text{Si}_{10}$. К тому же в этом случае из-за меньшего вклада антиферромагнитного обмена в общую обменную энергию должно быть затруднено возникновение узкого резонанса, благодаря увеличению молекулярного поля на фрустрированных узлах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного комитета по науке и технологиям Украины.

-
1. W.M.Saslow and G.N.Parker, Phys. Rev. Lett. **56**, 1074 (1986).
 2. G.N.Parker and W.M.Saslow, Phys. Rev. B **38**, 11718 (1988).
 3. Г.А.Такзей, Ю.П.Гребенюк, И.И.Сыч, ЖЭТФ **97**, 1022 (1989); В.Г.Барьяхтар, Г.А.Такзей, А.Б.Сурженко и др., ФТТ **34**, 245 (1992).
 4. М.В.Гавриленко, А.Б.Сурженко, Г.А.Такзей и др., Препринт Института теоретической физики АН Украины, \mathcal{M}^2 ИТФ-92-17Р, Киев: 1992.
 5. А.А.Вертий, А.В.Голик, С.И.Тарапов и др., ДАН СССР **314**, 337 (1990).
 6. А.А.Vertiy, I.V.Ivanchenko, N.A.Popenko et al., Int. Journ. Infrared. Mill. Waves **10**, 395 (1989).
 7. M.A.Manheimer, S.M.Bhagat, and D.J.Webb, J. Appl. Phys. **57**, 3476 (1985).
 8. Д.Вертц, Д.Болтон. Теория и практические применения метода ЭПР. М.: Мир, 1975, с.169.