

НАБЛЮДЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВЯЗКОСТИ СПИНОВОГО СТЕКЛА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО МАЛОУГЛОВОМУ РАССЕЯНИЮ НЕЙТРОНОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Б.Н.Мохов

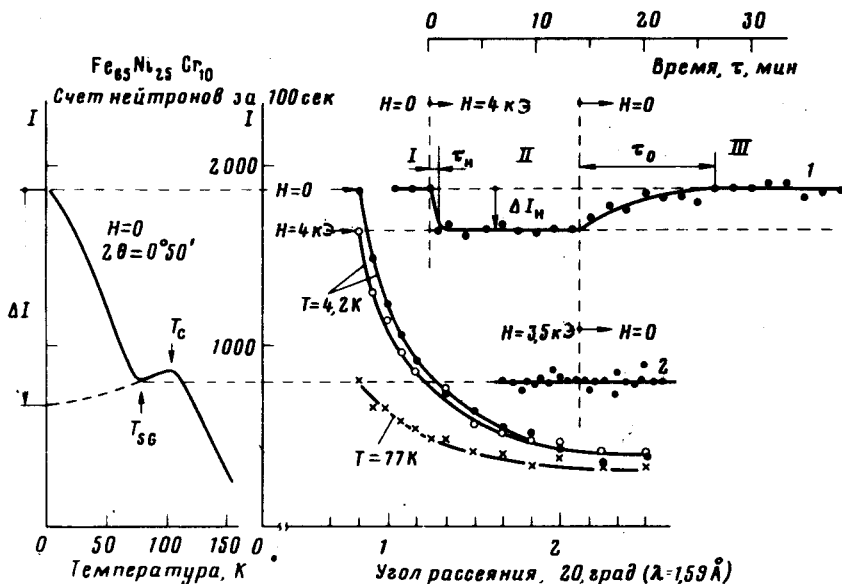
При исследовании временной зависимости малоуглового магнитного рассеяния нейтронов в спиновом стекле $\text{Fe}_{6,5}\text{Ni}_{2,5}\text{Cr}_{1,0}$ в процессе наложения и снятия магнитного поля впервые обнаружена медленная релаксация пространственных магнитных неоднородностей, обуславливающая магнитовязкое поведение системы. Возможный механизм магнитной вязкости обсуждается в свете концепции двойного перехода парамагнетик \rightarrow ферромагнетик \leftarrow спиновое стекло.

Известно, что в $3d$ -сплавах вблизи концентрационного ферро-антиферромагнитного перехода реализуется состояние спинового стекла ¹. Магнитные фазовые диаграммы таких систем ^{2, 3}, как и классических спиновых стекол ⁴, характеризуются тем, что в области концентраций непосредственно за ферро магнитным порогом протекания магнитное состояние имеет двойственную природу: при понижении температуры сначала происходит переход из парамагнитного состояния в ферромагнитное (F), а затем возникает спиновое стекло (SG). Однако, пока не решен вопрос – формируется ли спиновое стекло в результате $F \rightarrow SG$ перехода по температуре ^{5, 6} или оно образуется наряду с ферромагнетизмом ^{7, 8}? Думается, что изучение с помощью малоуглового рассеяния нейтронов в магнитном поле характернейшего свойства спинового стекла – магнитной вязкости – даст прямые свидетельства динамики пространственной магнитной структуры и, следовательно, механизма образования спинового стекла.

Исследовался γ -фазный сплав 65 ат.% Fe, 25 ат.% Ni, 10 ат.% Cr из квазибинарного разреза $\text{Fe}_{6,5}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cr}_x)_{3,5}$ ^{3, 9}. Съёмки проводились на нейтронном дифрактометре с длиной волны $1,59\text{\AA}$ в гелиевом криостате со сверхпроводящим соленоидом, позволяющим создавать магнитное поле в направлении, перпендикулярном вектору рассеяния.

Выбор исследуемого состава обусловлен тем, что в нем возможен $F \rightarrow SG$ переход по температуре (рис. а) и максимальны малоугловое рассеяние нейтронов ³ и магнитная вязкость ¹⁰. Важно отметить, что в сплаве близкого состава величина магнитного поля, подав-

ляющего низкотемпературную аномалию намагниченности, отражающую $F \rightarrow SG$ переход составляет около 2 кЭ ^{11, 12}.



Малоугловое рассеяние нейтронов в спиновом стекле $\text{Fe}_{63}\text{Ni}_{25}\text{Cr}_{10}$; а – температурная зависимость интенсивности при $H = 0$, $2\theta = 0^\circ 50'$; б – угловые зависимости при температуре 4,2К (● – $H = 0$, ○ – $H = 4 \text{ кЭ}$) и 77К (×). Кривые 1 и 2 сняты при $2\theta = 0^\circ 50'$ в процессе наложения и снятия магнитного поля при температурах 4,2 и 77К соответственно

На рис. б представлены результаты измерений, осуществленных в следующей последовательности: 1) охлаждение образца до 4,2К в отсутствии внешнего магнитного поля, 2) съемка угловой зависимости рассеяния нейтронов при 4,2К и $H = 0$, 3) счетчик нейтронов установлен на угол $2\theta = 0^\circ 50'$ и, после снятия нескольких контрольных точек при $H = 0$ (см. участок I кривой 1, рис. б), включалось магнитное поле 4 кЭ и измерялась временная зависимость интенсивности (участок II), 4) съемка угловой зависимости рассеяния нейтронов при 4,2К и $H = 4 \text{ кЭ}$, 5) счетчик возвращался в исходное положение $2\theta = 0^\circ 50'$ и, после выключения поля, измерялась временная зависимость интенсивности при $H = 0$ (участок III). С целью исключения систематической ошибки весь цикл измерений был повторен трижды.

В случае, когда основным состоянием исследуемого сплава было бы спиновое стекло, образовавшееся в результате $F \rightarrow SG$ перехода, следовало ожидать, что интенсивность малоуглового рассеяния при 4,2К под влиянием магнитного поля 4 кЭ (вдвое превышающего поле, подавляющее $F \rightarrow SG$ переход ^{11, 12}), уменьшится в 2 – 2,5 раза (ΔI на рис. а). Однако, как видно из рис. б, действительное уменьшение интенсивности ΔI_H составляет всего около 10%. Отсюда следует, что под воздействием магнитного поля, которое, казалось, подавляет $F \rightarrow SG$ переход, степень магнитной неоднородности, пространственная структура спинового стекла меняется незначительно. Указанное обстоятельство, по нашему мнению, свидетельствует не в пользу концепции двойного $F \rightarrow SG$ перехода.

Кривая 1 рис. б показывает динамику установления равновесной пространственной структуры при 4,2К. Видно, что вязкое изменение магнитной структуры, как и намагниченности ¹⁰, не проявляется в больших магнитных полях. Действительно, время релаксации после включения поля $\tau_H < 40 \text{ сек}$, а после выключения поля $\tau_0 \sim 10 \text{ мин}$. Отметим, что при измерениях магнитной вязкости близкого состава ¹⁰ намагниченность изменялась в течение 30 минут и более.

После нагрева образца в нулевом поле до 77К, аналогичные измерения были проведены в поле 3,5 кЭ, но, как видно из кривой 2 рис. б, в этом случае магнитное поле не изменяет малоугловое рассеяние, что согласуется с данными ¹⁰, где магнитная вязкость при 77К

также не наблюдалась. Эти факты естественно объясняются, если учесть, что температура замерзания исследуемого спинового стекла $T_{SG} = 75\text{K}$ (рис. *a*).

Совокупный анализ представленных результатов позволяет заключить, что под влиянием магнитного поля в системе происходит лишь частичный переход в пространственно более однородное ферромагнитно упорядоченное состояние.

Магнитная вязкость, фиксируемая в данном нейтронографическом эксперименте после снятия магнитного поля, обусловлена медленным обратным $F \rightarrow SG$ переходом. Однако малые величины ΔI_H и τ_0 свидетельствуют о том, что главный механизм вязкости, наблюдаемой в измерениях намагниченности 10 , связан с медленной релаксацией намагниченности подсистемы кластерного спинового стекла как такового.

Автор благодарен проф. Л.Н.Ларикову и Г.А.Такзю за дискуссии, стимулировавшие постановку настоящей работы.

Литература

1. *Mokhov B.N., Puzei I.M., Tretyakov B.N.* JMMM, 1980, 20, 91.
2. *Медведев М.В., Заборов А.В.* ФММ, 1981, 52, 942.
3. *Мохов Б.Н.* Магнитная структура 3d-сплавов со смешанным обменным взаимодействием. Канд. диссертация, М.: МГУ, 1979.
4. *Verbeek B.H., Mydosh J.A.* J. Phys. F, 1978, 8, L109.
5. *Kirkpatrick S., Sherrington D.* Phys. Rev., 1978, B17, 17.
6. *Verbeek B.H., Nieuwenhuys G.J., Stocker H., Mydosh J.A.* Phys. Rev. Lett., 1978, 40, 586.
7. *Beck P.A.* Solid State Com., 1980, 34, 581.
8. *Murani A.P.* Solid State Com., 1980, 34, 705.
9. *Роде В.Э., Дерябин А.В., Пислярь И.Г.* ФММ, 1975, 40, 1110.
10. *Дерябин А.В., Пислярь И.Г.* ФТТ, 1978, 20, 3456.
11. *Меньшиков А.З., Сидоров С.К., Теплых А.Е.* ФММ, 1978, 45, 949.
12. *Такзей Г.А., Сыч И.И., Меньшиков А.З., Теплых А.Е.* ФММ, 1981, 52, 960.