

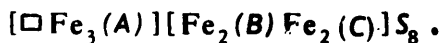
ТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕОРИЕНТАЦИЯ СПИНОВ В ПРИРОДНОМ ПИРРОТИНЕ $Fe_{0,88}S$

Н. С. Ованесян, В. А. Тружанов, Г. Ю. Одинец,
Г. В. Новиков, Л. Чер¹⁾

Исследования магнитных свойств пирротина Fe_7S_8 ($Fe_{0,875}S$) показали [1], что этот кристалл имеет псевдогексагональную структуру с небольшим моноклинным искажением и обладает ферромагнитными свойствами вследствие упорядоченного расположения вакансий. Магнитные моменты ионов железа располагаются антипараллельно в чередующихся слоях катионов и при $T \sim 250^\circ K$ лежат в базисной плоскости [1,2].

Магнитные измерения, проведенные в широком интервале температур, показали [3, 4], что при понижении температуры в системе происходит изменение ориентации спинов ионов железа относительно кристаллографических осей. Нами проведены исследования этого явления методом ядерного γ -резонанса, что позволило проследить за поведением каждой из трех, имеющих в $Fe_{0,880}S$ подрешеток. Существенно новым оказался результат о независимой переориентации спинов в одной из подрешеток, в то время как две другие подрешетки сохраняют неизменными свои параметры сверхтонкой структуры.

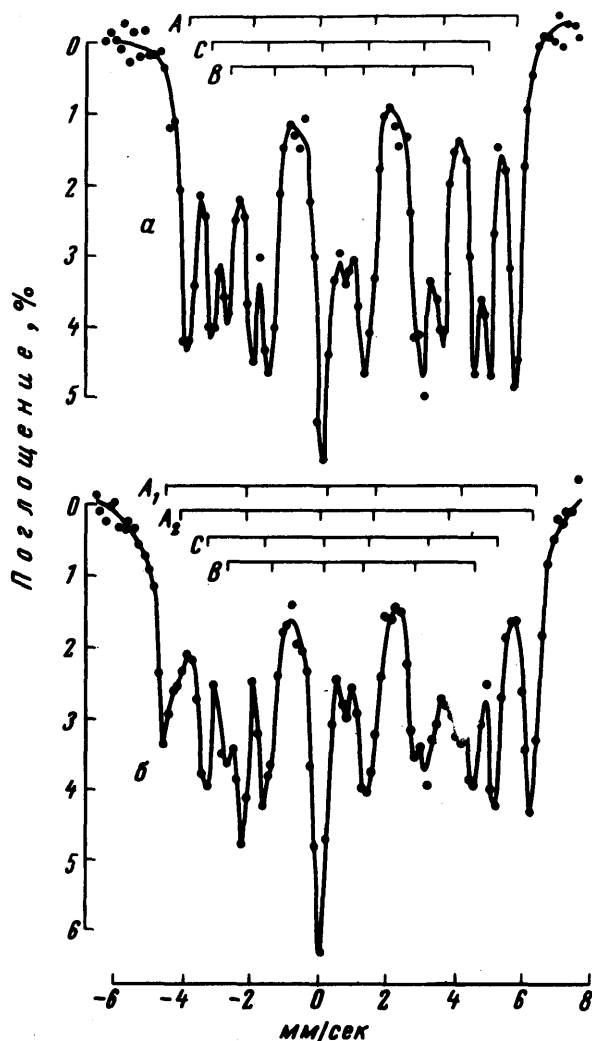
γ -резонансный спектр $Fe_{0,88}S$ при $T = 300^\circ K$ (рисунок, а) представляет собой суперпозицию трех компонент магнитной сверхтонкой структуры Fe^{57} . Эти компоненты соответствуют магнитно-неэквивалентным позициям железа [5, 6]. При учете только косвенных обменных связей [6], ионы железа, расположенные в А-позициях, не имеют вакансий в позициях ближайших соседей и связаны двенадцатью обменными связями с противоположно ориентированными подрешетками В и С. Катионы в В- и С-позициях имеют соответственно 4 и 2 вакансии в ближайшем окружении и характеризуются десятью и восемью такими связями. Таким образом, А-катионы с одной стороны, и В- и С-катионы, с другой, образуют последовательность ферромагнитных плоскостей (параллельных базисной плоскости) с взаимно антипараллельными направлениями спинов. Катионное распределение в Fe_7S_8 имеет вид:



Как показал анализ γ -резонансных спектров (рис. 1), с понижением температуры, начиная с $T \sim 250^\circ K$, наблюдается расщепление А-компоненты на две составляющие A_1 и A_2 с противоположными по знаку квадрупольными сдвигами $\Delta(A_1)$ и $\Delta(A_2)$, непрерывно возрастающими по абсолютной величине вплоть до конечной температуры измерений

¹⁾ Центральный Институт физических исследований, Венгрия, Будапешт.

$T = 88^\circ\text{K}$ (рис. 1, б). Величины квадрупольных сдвигов B - и C -компонент сверхтонкой структуры остаются практически неизменными. Характеристики спектров $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$ (рисунки а, б) приведены в таблице. Отметим, что величины сверхтонких полей $H(A_1)$ и $H(A_2)$, в двух субподрешетках ($T = 88^\circ\text{K}$) различны, что, вероятно, обусловлено дипольным вкладом в сверхтонкие поля, причем этот вклад пропорционален градиенту электрического поля в области ядра [7].



γ -резонансные спектры $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$ при:
 а — $T = 300^\circ\text{K}$, б — $T = 88^\circ\text{K}$. Вынесено положение линий составляющих компонент сверхтонкой структуры

Температурные изменения квадрупольных сдвигов и величин полей $H(A_1)$ и $H(A_2)$ свидетельствуют об отклонении направления спинов A -подрешетки от направления, коллинеарного базисной плоскости. Возникают по меньшей мере две A -субподрешетки, характеризующиеся разными значениями углов θ_1 и θ_2 электронных магнитных моментов ионов относи-

тельно гексагональной оси кристалла. В то же время, спины ионов в В- и С-подрешетках, очевидно, остаются в базисной плоскости. Количественное определение θ_1 и θ_2 , к сожалению, затруднено, так как тензор градиента электрического поля на ядрах Fe^{57} (А) в данном случае не является аксиально симметричным ($V_{xx} \neq V_{yy}$), а направление сверхтонкого поля $H(A)$ не совпадает с одной из его главных осей [5, 8].

Таким образом, в данном эксперименте наблюдается непрерывное (в интервале температур 250 – 88°K) изменение ориентации моментов ионов А-подрешетки упорядоченного $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$, т. е. той его подрешетки, которая не подвержена действию вакансий¹⁾.

Параметры сверхтонкой структуры γ -резонансных спектров $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$ при температурах 300 и 88°K

T, °K	Компонента сверхтонкой структуры	Относительная интенсивность, I_i	H_i , кэ	δ_i , мм/сек	Δ_i , мм/сек
300	A	$1,34 \pm 0,1$	301 ± 3	$+ 0,55 \pm 0,01$	$+ 0,31 \pm 0,03$
	B	$1,00 \pm 0,1$	224 ± 3	$+ 0,53 \pm 0,02$	$+ 0,43 \pm 0,04$
	C	$1,02 \pm 0,1$	253 ± 4	$+ 0,52 \pm 0,02$	$+ 0,31 \pm 0,04$
88	A ₁	$0,83 \pm 0,1$	337 ± 3	$+ 0,83 \pm 0,02$	$- 0,11 \pm 0,03$
	A ₂	$0,52 \pm 0,2$	315 ± 5	$+ 0,80 \pm 0,03$	$+ 0,68 \pm 0,06$
	B	$1,00 \pm 0,1$	225 ± 3	$+ 0,77 \pm 0,02$	$+ 0,41 \pm 0,04$
	C	$1,04 \pm 0,1$	265 ± 3	$+ 0,78 \pm 0,02$	$+ 0,31 \pm 0,04$

δ_i – изомерный сдвиг (относительно металлического железа);

Δ_i – величина квадрупольного расщепления;

I_i – относительная интенсивность;

H_i – сверхтонкое поле.

Интересно отметить, что в высокотемпературной фазе стехиометрического, т. е. не имеющего вакантных узлов, FeS в окрестности 400°K имеет место полная реориентация спинов из базисной плоскости в направлении оси С [9]. Параметры мессбауэровского секступлета FeS близки к параметрам рассмотренной А-компоненты сверхтонкой структуры $\text{Fe}_{0,88}\text{S}$ [5, 9].

Результаты подробных исследований этого явления на монокристаллических поглотителях Fe_7S_8 готовятся к печати.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Институт экспериментальной минералогии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
24 марта 1971 г.

¹⁾ В интервале 77 – 300°K кристаллографических изменений в Fe_7S_8 не было обнаружено [4].

Литература

- [1] E.Bertout. Acta Crystallogr., **6**, 557, 1953.
 - [2] F.K.Lotgering. Philips Res. Reports., **11**, 190, 1956.
 - [3] M.Bin, R.Pautenet. J. Appl. Phys., **34**, 1161, 1963.
 - [4] K.Sato. J. Phys. Soc. Japan, **21**, 733, 1966.
 - [5] S.Hafner, M.Kalvius. Z.Krist., **123**, 443, 1967.
 - [6] Н.С.Ованесян, В.А.Трухтанов, Г.Ю.Одинец, Г.В.Новиков, Л.Чер, ЖЭТФ, **60**, вып. 6, 1971 г.
 - [7] J.J.van Loef. J. Appl. Phys., **39**, 1258, 1968.
 - [8] W.Kündig. Nucl. Instr. and Meth., **48**, 219, 1966.
 - [9] R.C.Thiel, C.B.van den Berg. Phys. Stat. Sol., **29**, 837, 1968.
-