

Письма в ЖЭТФ, том 9, стр. 352 – 356

20 марта 1969 г.

ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА В ИНДИЙ-ГАЛЛИЕВОМ ЖЕЛЕЗНОМ ГРАНАТЕ

Г.Н.Белозерский, В.Н.Гитцович, А.Н.Мурин

Недавно была опубликована интересная работа Грузина и сотрудников [1], в которой сообщалось об обнаружении четырех магнитных подрешеток в индий-галлиевом железном гранате. Нами были выполнены исследования на гранате такого же состава полученном из той же лаборатории, что и в работе [1].

Спектры ЯГР снимались на электродинамической установке, осуществляющей движение поглотителя относительно источника по синусоидальному закону. В качестве детектора использовался пропорциональный счетчик. Спектры регистрировались с помощью 400-канального анализатора и обрабатывались на ЭВМ при помощи программы, разработанной на основе СП-123 [2] Ш. М. Останевичем.

Источником у нас являлся Co^{57} в Pd . Для калибровок применялся поглотитель из Fe_2O_3 , обогащенный до 80% по Fe^{57} , толщиной $2,9 \text{ мг/см}^2 \text{ Fe}^{57}$. Значения эффективного магнитного поля $H_{\text{эфф}}$ рассчитывались по формулам $H_{\text{эфф}} = 0,311 (\Delta v_{1,6} \text{ мм/сек}) \cdot 10^5 \text{ эс}$, $H_{\text{эфф}} = 0,537 (\Delta v_{2,5} \text{ мм/сек}) \cdot 10^5 \text{ эс}$, где $\Delta v_{1,6}$ – расстояние между первым и шестым пиками подрешетки. Параметры для получения численных коэффициентов взяты из работы [3].

Т а б л и ц а 1

	Fe_2O_3	$\text{Y}_3\text{Fe}_{4,7}\text{Ga}_{0,15}\text{In}_{0,15}\text{O}_{12}$		Fe_2O_3
		подрешетка a	подрешетка d	
$v_1, \text{ мм/сек}$	8,41	8,89	7,46	8,44
$v_2, \text{ мм/сек}$	5,18	5,20	4,22	5,17
$v_3, \text{ мм/сек}$	1,63	1,58	1,24	1,63
$v_4, \text{ мм/сек}$	-0,98	-1,21	-1,21	-0,98
$v_5, \text{ мм/сек}$	-4,52	-4,89	-4,32	-4,52
$v_6, \text{ мм/сек}$	-8,22	-8,44	-7,48	-8,20
$\Gamma_1, \text{ мм/сек}$	0,63	0,54	0,59	0,61
$\Gamma_2, \text{ мм/сек}$	0,54	0,43	0,46	0,51
$\Gamma_3, \text{ мм/сек}$	0,55	0,45	0,56	0,55
$\Gamma_6, \text{ мм/сек}$	0,63	0,40	0,57	0,54
$H_{\text{эфф}}, 10^3 \text{ эс}$	—	541	462	—
$\Delta, \text{ мм/сек}$	0,21	0,19	-0,03	0,22
$e\text{qQ}, \text{ мм/сек}$	0,46	-0,14	-0,08	0,41

v и Γ – положение и ширина линий ЯГР, Δ – химический сдвиг.

Качество работы установки и результаты измерений одного из образцов смешанного граната $\text{Y}_3\text{Fe}_{4,7}\text{Ga}_{0,15}\text{In}_{0,15}\text{O}_{12}$ иллюстрирует табл. 1. Спектры ЯГР снимались при температурах 78 и 300° К. Усредненные результаты по всем сериям измерений приведены в табл. 2.

Погрешности, приведенные в таблице, говорят о воспроизводимости результатов и существенно больше ошибок обработки одного индивидуального спектра.

Типичный спектр ЯГР граната состава $Y_3Fe_{4,7}Ga_{0,15}In_{0,15}O_{12}$, снятый на нашей установке, приведен на рисунке. Как видно из рисунка наблюдаемый спектр является суперпозицией двух шестилинейчатых спектров, обусловленных атомами железа в α - и d -подрешетках граната. Формы спектров ЯГР снятых при температуре 80 и 300°K, подобны.

Т а б л и ц а 2

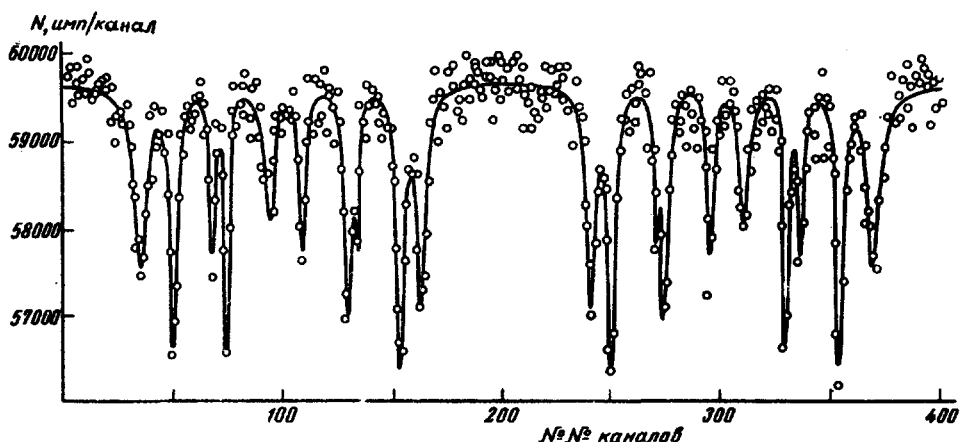
	Температура, °K	
	80	300
$H_{эфф}, ктс$	541 ± 3	471 ± 3
$H_{эфф}, ктс$	463 ± 3	$385,5 \pm 3,5$
$\Delta_{\alpha-d}, мм/сек$	$0,22 \pm 0,02$	$0,260 \pm 0,020$
$(e\sigma Q)_{\alpha}, мм/сек$	$-0,15 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,03$
$(e\sigma Q)_{d}, мм/сек$	$-0,07 \pm 0,02$	$-0,020 \pm 0,020$

$\Delta_{\alpha-d}$ — сдвиг центра тяжести Мессбауэровского спектра Fe^{57} в α -подрешетке относительно спектра Fe^{57} в d -подрешетке.

Как следует из простого сравнения наших измерений с данными работы [1], наблюдается известное несоответствие результатов. Однако, подробное обсуждение этого не является возможным из-за явных дефектов иллюстрацией (рис. 1, *a* и *b*) работы [1]. Неясно, каким именно образом проведена оценка статистических ошибок, которые, если верить масштабам, приведенным на осях ординат, явно занижены (значительно меньше стандартного отклонения \sqrt{N}). Если ввести соответствующие коррективы, то спектр, представленный хотя бы на рис. 1, *a*, существенно изменяется, так как не допускает выделения ряда пиков и оказывается сходным с обычным спектром ЯГР ферритов-гранатов.

Существенными параметрами спектров ЯГР смешанных гранатов являются ширины линий. Дело в том, что замена атомов железа, на немагнитные атомы приводит к уменьшению значений $H_{эфф}$ и к понижению температуры Кюри. Все это должно приводить к уменьшению $H_{эфф}$ и

расширению линий ЯГР в смешанных гранатах по сравнению с чистыми гранатами. При этом расширение линий должно увеличиваться с повышением температуры образца. Действительно, это и наблюдалось нами. При температуре 80°K ширины линий ЯГР смешанного граната чуть шире соответствующих значений для чистого граната. Ширины линий $\text{Y}_3\text{Fe}_{4.7}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.15}\text{O}_{12}$ при температуре 300°K увеличиваются значительно. Крайние линии в a -подрешетке имеют теперь ширину $0,6 \pm 0,7 \text{ мк/сек}$, а соответствующие линии в d -подрешетке $0,75 + 1,00 \text{ мк/сек}$ следует отметить, что в опытах по ЯМР также наблюдается значительное уширение линий в смешанных иттрий-галлиевых гранатах при повышении температуры образца [4].



Мессбауэровский спектр смешанного граната состава, снятый при температуре 80°K

Таким образом полученные нами результаты не дают никаких доказательств существования четырех магнитных подрешеток в $\text{Y}_3\text{Fe}_{4.7}\text{Ga}_{0.15}\text{In}_{0.15}\text{O}_{12}$. Замещение атомов железа на атомы галлия и индия приводит к уменьшению значений эффективных магнитных полей от значений $H_{\text{эфф}}^a \approx 551 \text{ кГс}$ и $H_{\text{эфф}}^d \approx 470 \text{ кГс}$ для $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при $T = 78^\circ\text{K}$ до значений, приводимых в табл. 2. Ширины линий ЯГР с повышением температуры заметно увеличиваются, что может быть обусловлено наличием ряда локальных температур Кюри. Весьма интересным является обнаруженное нами изменение знака величины квадрупольного взаимодействия в зависимости от температуры. Это особенно наглядно видно на примере октаэдрической подрешетки. Из этого можно предположить, что температура Морина рассматриваемого граната лежит в области $220 \pm 50^\circ\text{K}$.

Снятые нами спектры ЯГР смешанного индий-галлиевого граната в параллельном магнитном поле порядка 3000 тс , также говорят о наличии только двух магнитных подрешеток.

В заключение мы благодарим А.И.Образцова, Т.А.Крылова и Л.А.Воробьеву за предоставление образцов и интерес к работе, а также Л.А.Маршака и А.И.Шапиро за помощь в обработке результатов измерений.

Ленинградский
государственный университет

Поступило в редакцию
12 февраля 1969 г.

Литература

- [1] П.Л.Грузин, М.Н.Успенский, И.С.Любутин, Л.А.Алексеев. Письма в ЖЭТФ, 8, 566, 1968.
 - [2] И.Н.Силин. Стандартная программа для решения задач методом наименьших квадратов. Препринт ОИЯИ 11-3369, Дубна, 1967.
 - [3] A. N. Muir, K. J. Ando, H. M. Coogan. Mössbauer Effect Data Index 1958 - 1965.
 - [4] R. L. Streever, G. A. Urriano. Phys. Rev., 139, A305, 1965.
-