

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 539.172

**О САМООРГАНИЗАЦИИ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ АТОМОВ
ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ****А. С. Илюшин, А. А. Опаленко***(кафедра физики твердого тела)*

E-mail: tellur125@mail.ru

Предпринята попытка обнаружения объявленного С. К. Годовиковым [1, 2, 5, 6] явления самоорганизации атомных магнитных моментов в редкоземельных ферри-магнетиках типа $TbFe_2$. Тщательное экспериментальное исследование и критический анализ данных, полученных в работах [1, 2, 5, 6], показали, что сделанный их авторами вывод об открытии самоорганизации магнитных моментов атомов не подкреплён надёжными экспериментальными результатами и относится к разряду артефактов.

В работах [1, 2] было обнаружено явление самоорганизации магнитных моментов атомов железа в интерметаллическом соединении $Tb_{0.8}Y_{0.2}Fe_2$. Измерения проводились методом мёссбауэровской спектроскопии на ядрах ^{57}Fe на порошковых образцах, подвергнутых воздействию кратковременного импульса электрического поля с напряжением 16–18 кВ. После воздействия были обнаружены автоколебания упорядоченной магнитной структуры, проявляющиеся в осцилляции параметров мёссбауэровских спектров в течение длительного времени (50 дней).

Это явление представляет значительный научный интерес, так как относится к категории фундаментальных проблем физики конденсированного состояния вещества. В связи с этим в настоящей работе предпринята попытка аналогичных измерений на подобных сплавах. Мёссбауэровские измерения были выполнены на образцах двух сплавов $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$ и $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$. Рентгенофазовый анализ показал, что оба сплава изотипны кубической фазе Лавеса $C15$, но сплав $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$ однофазен, тогда как сплав $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$ кроме основной фазы содержит примесь второй фазы типа $TbFe_3$.

Поглотители изготавливались путем осаждения порошка из смеси спирта с клеем на алюминиевую фольгу, на пленку ПВХ, а также распылением порошка на клейкую ленту-скотч.

Электрическое поле от выпрямителя рентгеновского аппарата УРС-0.02 при напряжении 18–20 кВ прикладывалось к образцу, помещённому между пластинами плоского конденсатора, расстояние между которыми составляло 0.3 мм, и затем быстро сбрасывалось до нуля.

Мы провели длительный цикл измерений, нанося электрические «удары» и измеряя каждый образец

по две недели. Мёссбауэровские спектры сплавов представлены на рис. 1, 2. Они демонстрируют достаточно сложную сверхтонкую структуру, свидетельствующую о наличии в спектрах по крайней мере двух зеемановских секстетов. Известно [3, 4], что в сплавах $Tb_xY_{1-x}Fe_2$ и $Tb_xHo_{1-x}Fe_2$ во всей области составов $0 < x < 1$ ось легкого намагничивания (ОЛН) при комнатной температуре направлена вдоль оси [111]. Поэтому при математической обработке спектров использовалась модель двух секстетов, при этом варьировались общая ширина линий двух секстетов и отношение интенсивностей компонент в секстете, а также изомерные сдвиги, величины магнитных полей и электрических квадрупольных расщеплений. В результате было установлено, что ширина линии для сплава $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$ сохраняет изо дня в день значение 0.31 ± 0.01 мм/с, а для сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$ — 0.27 ± 0.01 мм/с. Отношение интенсивностей компонент в секстете для первого сплава получается равным 3:2.1:1.3, а для второго сплава близко к классическому 3:2:1. Отношение интенсивностей (площадей) двух секстетов в течение всего времени измерения остается постоянным в пределах экспериментальной ошибки, для сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$ составляет 3.0 ± 0.2 , как и должно быть в этом кубическом сплаве, и для сплава $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$, имеющего примесь второй фазы, составляет 3.6 ± 0.2 .

На основании выполненных измерений было установлено, что никаких осцилляций параметров мёссбауэровских спектров после моментального электрического воздействия в этих сплавах не наблюдается. В связи с этим мы попытались проанализировать с методической точки зрения экспериментальные результаты, приведенные в [1, 2]. Поскольку обе работы используют один и тот же

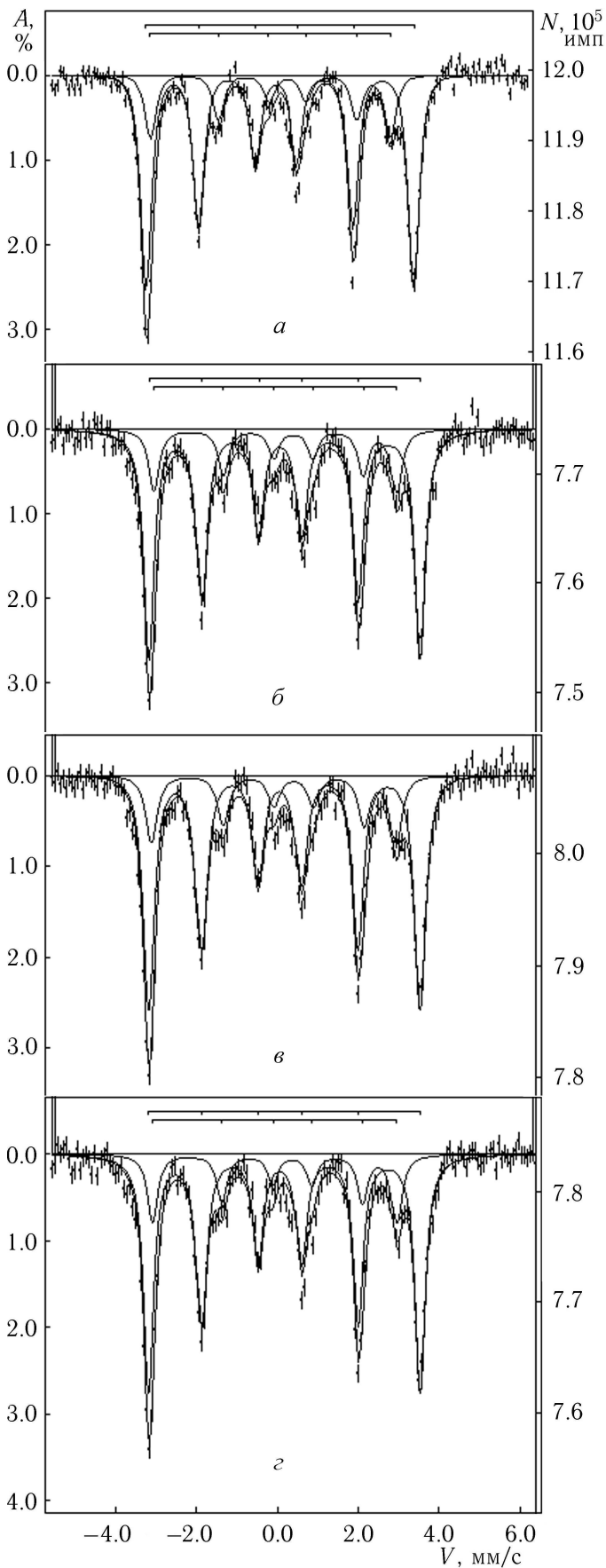


Рис. 1. Спектр сплава $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$: *a* — в исходном состоянии (до «удара»), *б* — 1-й день после приложения 20 кВ, (*в*) — 2-й день, *г* — 3-й день

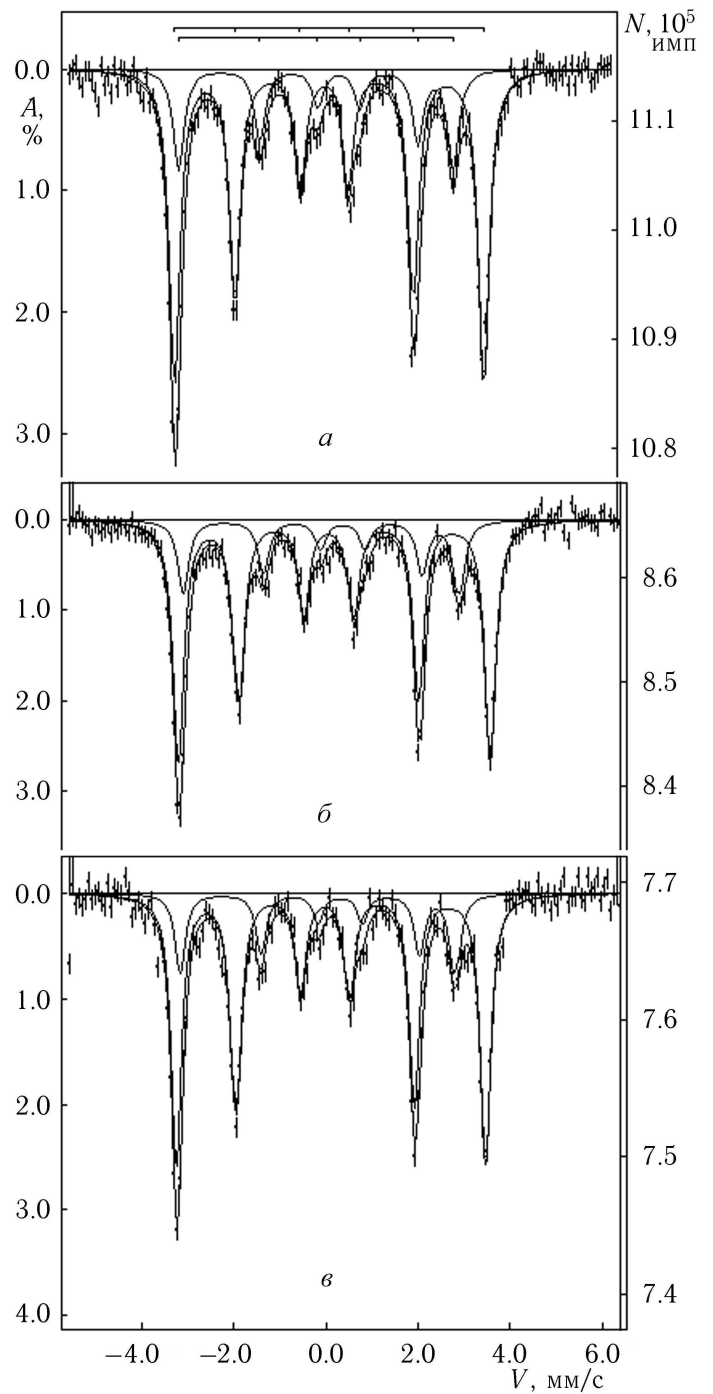


Рис. 2. Спектр сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$: *a* — в исходном состоянии, *б* — после приложения напряжения 18 кВ, *в* — после приложения напряжения 20 кВ

экспериментальный результат, обратимся к работе [1].

К сожалению, авторы не приводят полученные ими мёссбауэровские спектры, когда можно было бы визуально убедиться в происшедшей с ними трансформации, нет и данных о величине резонансного поглощения и статистической точности измерения. В приведенной авторами временной зависимости параметров мёссбауэровских спектров точность определения осцилляции отношения интенсивностей невелика, так же как и для величин

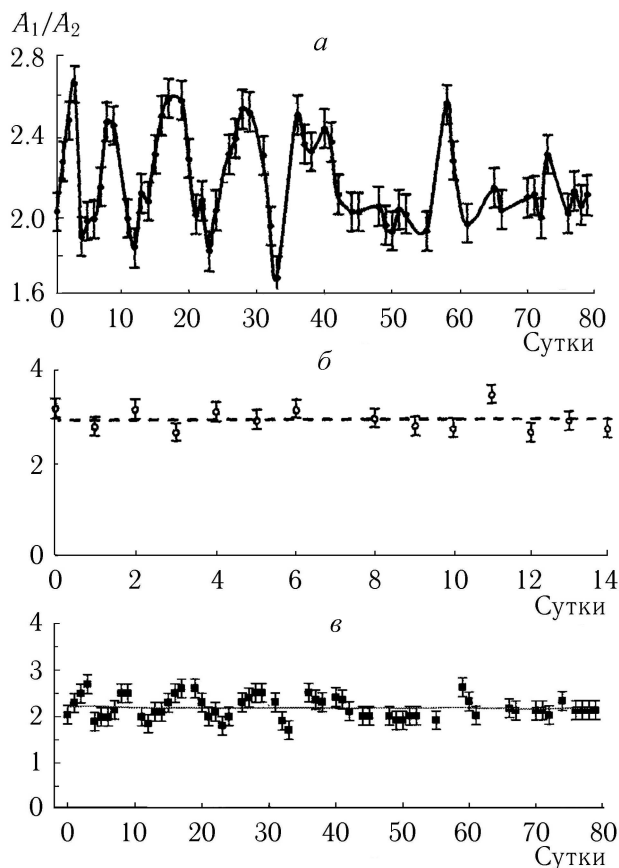


Рис. 3. Отношение интенсивностей двух секстетов из работы [6]: а — сплав $TbFe_{1.9}Re_{0.1}$, б — сплав $TbFe_2$, в — рис. 3, а приведен к масштабу рис. 3, б

сверхтонкого поля и квадрупольного расщепления для малоинтенсивного секстета. Отметим попутно, что и какая-либо корреляция между изменениями на этих кривых по большей части отсутствует. И наконец, нет данных по ширинам линий, которые наравне с интенсивностью и определяют площади секстетов.

На основании вышеизложенного можно заключить, что в этих работах обработка мёссбауэровских спектров проведена некорректно, в особенности при выявлении секстета с меньшей интенсивностью. В силу этого основное заключение авторов работы [1, 2] об обнаружении осцилляций выглядит неубедительным.

В пользу такого вывода свидетельствует и результат работы [5]. Там также была допущена аналогичная методическая ошибка — спектры были измерены с недостаточной статистической точностью: величина резонансного поглощения составляла $\sim 1\%$ при статистической ошибке $\sim 0.1\%$. Анало-

гичное замечание можно адресовать и к работе [6]. На рис. 3 мы приводим результаты из этой работы для сплавов $TbFe_{1.9}Re_{0.1}$ и $TbFe_2$, «активированных» импульсным электрическим полем.

Автор находит для первого сплава колебания с периодичностью 5–6 и 10–12 дней, а у второго сплава — чистого (без примесей) $TbFe_2$ — «никаких колебательных процессов не наблюдается». Если представить результаты рис. 3, а в том же масштабе, что и рис. 3, б, то становится очевидным, что на рис. 3, в результаты выглядят аналогично тем, что на рис. 3, б. Практически все осцилляции лежат в полосе экспериментальных погрешностей.

Кроме того, в работе [6] ничего не говорится о фазовом составе сплава $TbFe_{1.9}Re_{0.1}$ и о его атомно-кристаллической структуре. Автор как бы априори считает, что этот сплав также однофазен и изотипен кубической фазе Лавеса типа $C15$. Однако известно, что приготовить такой сплав очень трудно, если вообще возможно. Интерметаллид $TbFe_2$ образуется по перитектической реакции при $T = 1187^\circ C$, а $TbRe_2$ — при $T = 2450^\circ C$. Чистый рений плавится при $T = 3186^\circ C$. Методика же приготовления тройных сплавов весьма сложна. В этой связи вопрос о фазовом составе сплава $TbFe_{1.9}Re_{0.1}$ является первостепенным. Вероятнее всего автор имел дело с неоднородным образцом, и используемый автором подход к анализу спектров, исходя из двух секстетов, явно неправилен.

В итоге приходится констатировать, что сделанный авторами [1, 2, 5, 6] вывод об открытии самоорганизации магнитных моментов атомов не подкреплен надежными экспериментальными результатами и относится к разряду артефактов.

Литература

1. Годовиков С.К., Петухов В.П., Перфильев Ю.Д., Фиров А.И. // ФТТ. 2000. **42**, № 6. С. 1073.
2. Годовиков С.К., Перфильев Ю.Д., Петухов В.П. // Изв. РАН. Сер. физ. 1999. **63**, № 7. С. 1416.
3. Илюшин А.С., Кириличева Л.А., Перов А.П. // Изв. вузов. Сер. физ. 1983. № 1. С. 126.
4. Williams C.M., Koon N.C. // Solid State Commun. 1978. **27**. P. 81.
5. Годовиков С.К., Опаленко А.А. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2001. № 1. С. 63.
6. Годовиков С.К. // Изв. РАН. Сер. физ. 2003. **67**, № 7. С. 1000.

Поступила в редакцию
07.11.05