

К вопросу о самоорганизации магнитных моментов атомов после воздействия электрического поля

© А.С. Илюшин, А.А. Опаленко

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119992 Москва, Россия

E-mail: tellur125@mail.ru

(Поступила в Редакцию 21 ноября 2005 г.)

Предпринята попытка обнаружения объявленного в работах С.К. Годовикова явления самоорганизации атомных магнитных моментов в редкоземельных ферритмагнетиках типа $TbFe_2$. Тщательное экспериментальное исследование и критический анализ данных, полученных в указанных работах, показали, что нет оснований утверждать существование такого явления.

PACS: 75.10.-b, 76.80.+y, 76.50.-g

В работах [1,2] сообщалось о том, что в интерметаллическом соединении $Tb_{0.8}Y_{0.2}Fe_2$ обнаружено явление самоорганизации магнитных моментов атомов железа. Измерения проводились методом мессбауэровской спектроскопии на ядрах ^{57}Fe в 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 мессбауэровских спектров в течение длительного времени (50 дней).

Это явление должно было бы представлять значительный научный интерес, так как относится к категории фундаментальных проблем физики конденсированного состояния вещества. В связи с этим мы предприняли попытку аналогичных измерений на подобных сплавах. В настоящей работе мессбауэровские измерения были выполнены на образцах двух сплавов $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$ и $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$. Рентгенофазный анализ показал, что оба сплава изотипны кубической фазе Лавеса $C15$, но сплав $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$ является однофазным, а 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, помещенному между двумя металлическими дисками с расстоянием 0.3 мм, и затем быстро сбрасывалось до нуля.

Мы выполнили длительный цикл измерений, нанося электрические „удары“ и проводя измерения каждого образца по две недели. Мессбауэровские спектры сплавов представлены на рис. 1 и 2. Они демонстрируют достаточно сложную сверхтонкую структуру, свидетельствующую о наличии по крайней мере двух зеэмановских секстетов. Известно [3,4], что в сплавах $Tb_xY_{1-x}Fe_2$ и $Tb_xHo_{1-x}Fe_2$ во всей области составов $0 \lesssim x \lesssim 1$ ось легкого намагничивания 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 в течение всего периода измерения значение 0.31 ± 0.01 мм/с, а для сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$ — значение 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 и равно 3.0 ± 0.2 для сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$, как и должно быть в этом кубическом сплаве, и 3.6 ± 0.2 для сплава $Tb_{0.65}Y_{0.35}Fe_2$, имеющего примесь второй фазы.

На основании выполненных нами измерений было установлено, что никаких осцилляций параметров мессбауэровских 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 экспериментальный результат, обратимся к работе [1].

К сожалению, авторы не приводят полученные ими мессбауэровские спектры, с помощью которых можно было бы визуально убедиться в произошедшей трансформации спектров; нет также данных о величине резонансного поглощения и статистической точности измерения. В приведенной авторами временной зависимости параметров мессбауэровских спектров точность определения осцилляции отношения интенсивностей невелика, так же как и величин 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 о ширинах линий,

которые наравне с интенсивностью определяют площади секстетов.

На основании изложенного выше можно заключить, что в этих статьях обработка мессбауэровских спектров проведена некорректно, в особенности при выявлении

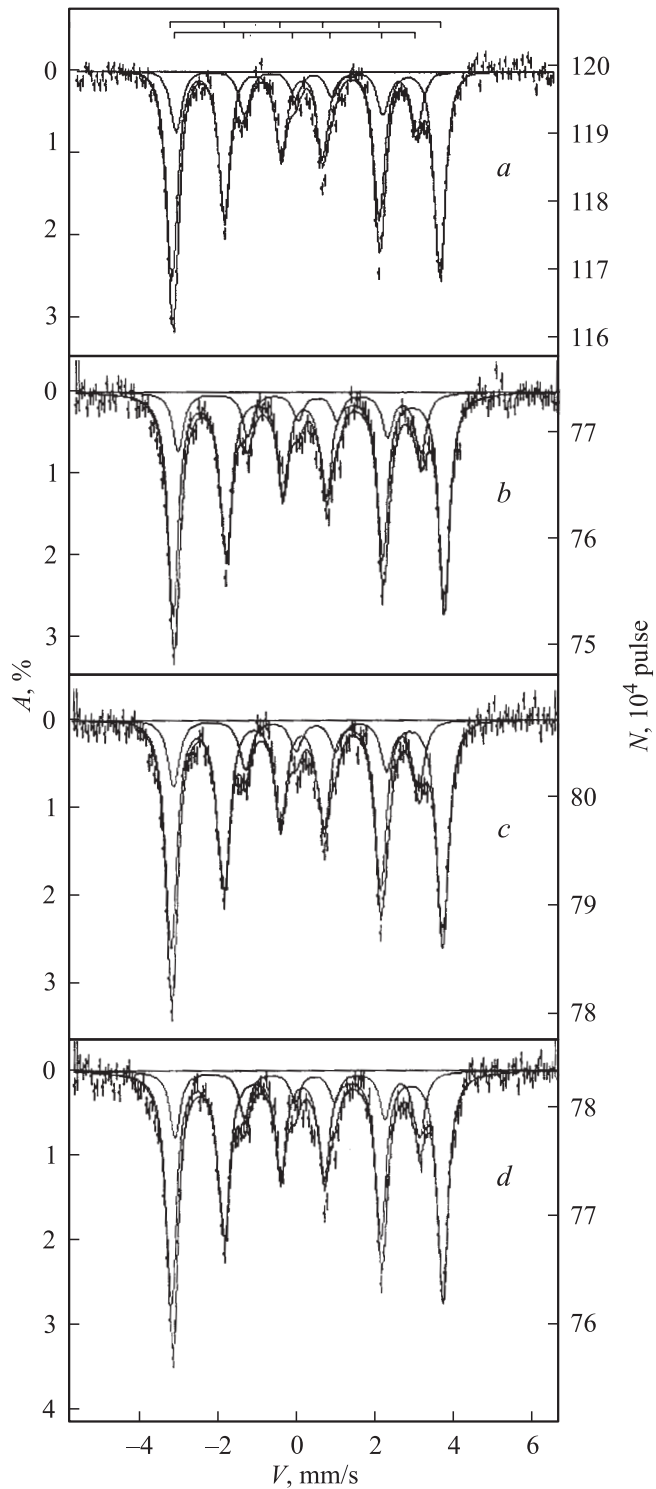


Рис. 1. Спектр сплава $Tb_{0.35}Y_{0.35}Fe_2$. *a* — в исходном состоянии (до „удара“), *b* — первый день после приложения напряжения 20 kV, *c* — второй день, *d* — третий день.

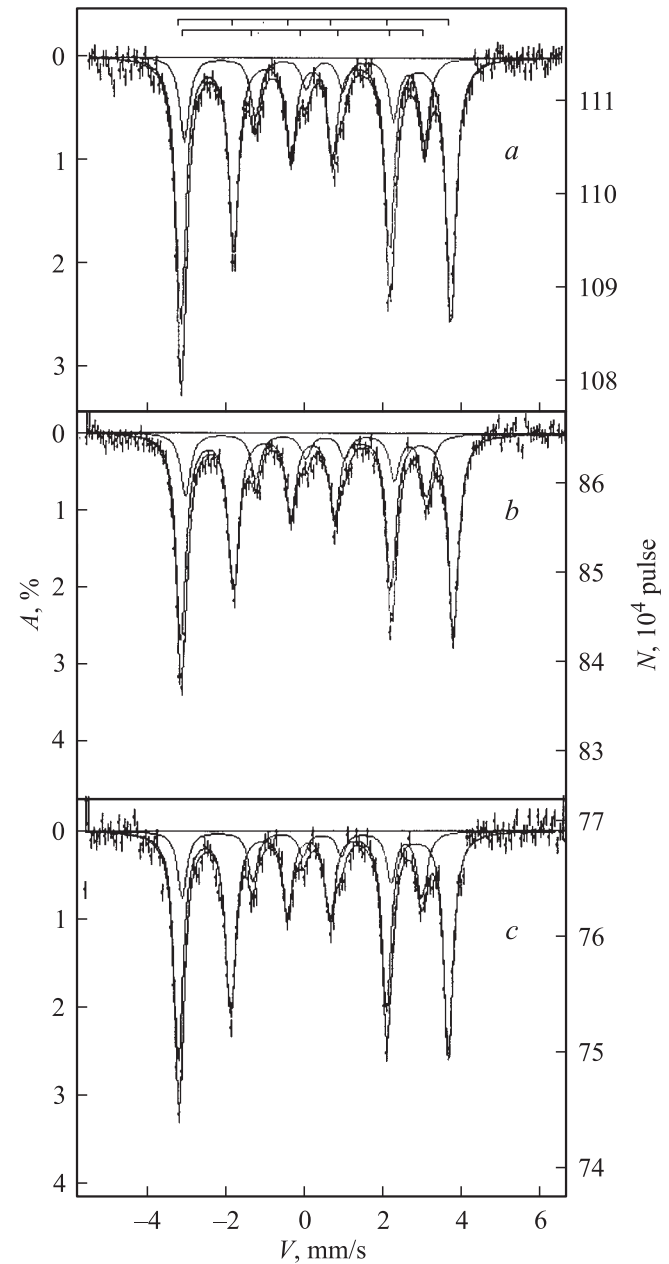


Рис. 2. Спектр сплава $Tb_{0.5}Ho_{0.5}Fe_2$. *a* — в исходном состоянии, *b* и *c* — после приложения напряжения 18 и 20 kV соответственно.

секстета с меньшей интенсивностью. В силу этого основное заключение авторов работ [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 $\sim 0.1\%$). Аналогичное замечание можно адресовать и 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.

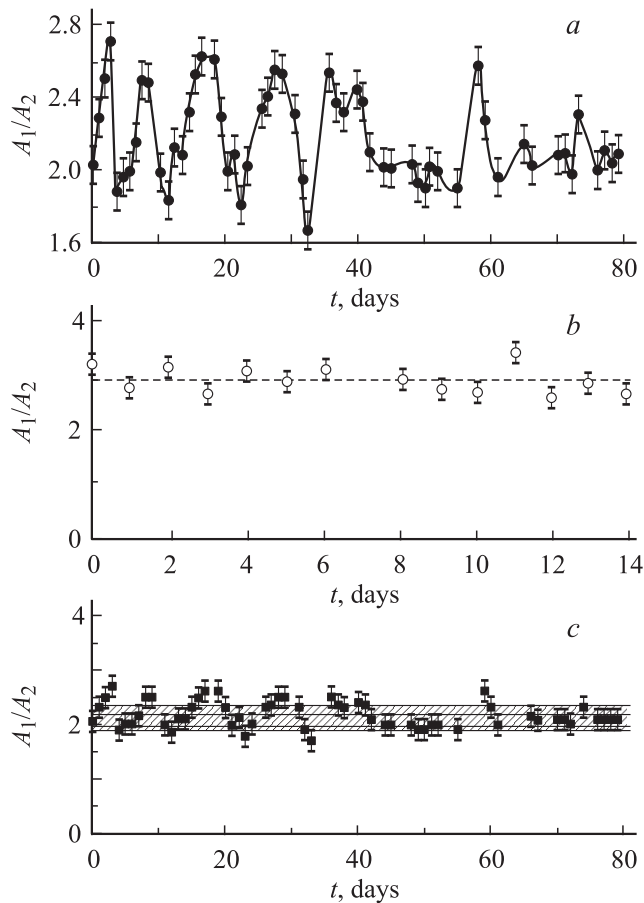


Рис. 3. Отношение интенсивностей двух секстетов из работы [6]. *a* — сплав $\text{TbFe}_{1.9}\text{Re}_{0.1}$, *b* — сплав TbFe_2 , *c* — результаты, приведенные на части *a*, в масштабе, соответствующем части *b*.

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“. На рис. 3, *c* представлены результаты рис. 3, *a*, построенные в масштабе, соответствующем рис. 3, *b*. Очевидно, что полученные данные (рис. 3, *c*) выглядят аналогично приведенным на рис. 3, *b*. Практически все осцилляции лежат в полосе экспериментальных погрешностей.

Кроме того, в работе [6] ничего не говорится о фазовом составе сплава $\text{TbFe}_{1.9}\text{Re}_{0.1}$ 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 $T = 1187^\circ\text{C}$, а TbRe_2 — при $T = 2450^\circ\text{C}$. Чистый рений плавится при $T = 3186^\circ\text{C}$. Методика же приготовления тройных сплавов весьма сложна. В этой связи вопрос о фазовом составе сплава $\text{TbFe}_{1.9}\text{Re}_{0.1}$ является первостепенным. Вероятнее всего, автор имел дело с неоднородным образцом, и используемый им

подход к анализу спектров исходя из двух секстетов явно неправилен.

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

Список литературы

- [1] С.К. Годовиков, В.П. Петухов, Ю.Д. Перфильев, А.И. Фиров. ФТТ **42**, 1073 (2000).
- [2] С.К. Годовиков, Ю.Д. Перфильев, В.П. Петухов. Изв. РАН. Сер. физ. **63**, 1416 (1999).
- [3] А.С. Илюшин, Л.А. Кириличева, А.П. Перов. Изв. вузов. Сер. физ. **1**, 126 (1983).
- [4] С.М. Williams, N.C. Koon. Solid State Commun. **27**, 81 (1978).
- [5] С.К. Годовиков, А.А. Опаленко. Вестн. МГУ. Физика, астрономия **1**, 63 (2001).
- [6] С.К. Годовиков. Изв. РАН. Сер. физ. **67**, 1000 (2003).