

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 539.172

АВТОКОЛЕБАНИЯ УПОРЯДОЧЕННЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР

С. К. Годовиков, А. А. Опаленко

(кафедра оптики и спектроскопии)

E-mail: blokh@srd.sinp.msu.ru

Зарегистрирован процесс автоколебаний упорядоченной магнитной структуры в редкоземельном магнетике $TbFe_2$ после воздействия импульса электрического поля. Отношение интенсивностей двух секстетов мёсбауэровского спектра, измеренного на ядре ^{57}Fe при $T = 293$ К, осциллирует во времени с периодом около 5 сут. Явление может быть названо «магнитными часами».

Поведение вещества в состояниях, далеких от равновесия, может быть на первый взгляд совершенно неожиданным. Существенно неравновесная среда оказывается сложной кинетической системой, в которой частицы действуют не независимо, а совместно, согласованно. Такое поведение называется когерентным или кооперативным. Известный яркий пример кооперативного поведения — возникновение лазерного излучения. Другой пример — появление ячеек Бенара в конвективном движении жидкости при нагревании. При кооперативных явлениях могут быть не только пространственные, но и временные изменения структуры вещества. Например, в химии это колебательная реакция Белоусова–Жаботинского с периодом колебаний от 2 до 100 с (в зависимости от концентрации реагентов).

Эксперимент

Неравновесное состояние вещества создавалось электрическим полем. Постоянное напряжение в 20 кВ от высоковольтного блока питания рентгеновской установки РЕИС-И прикладывалось к образцу, который был помещен в конденсатор, и затем очень быстро, в течение 1 мкс, снималось. Впервые такой эксперимент был проведен одним из авторов на образце $Tb_{0.8}Y_{0.2}Fe_2$ [1], при этом были обнаружены автоколебания упорядоченной магнитной структуры. В настоящей работе исследовано другое соединение этой же системы — $TbFe_2$ с малой примесью олова (0.5 ат.%).

На рис. 1 приведен мёсбауэровский спектр образца $TbFe_2(Sn)$ до возмущения, на рис. 2 — через день

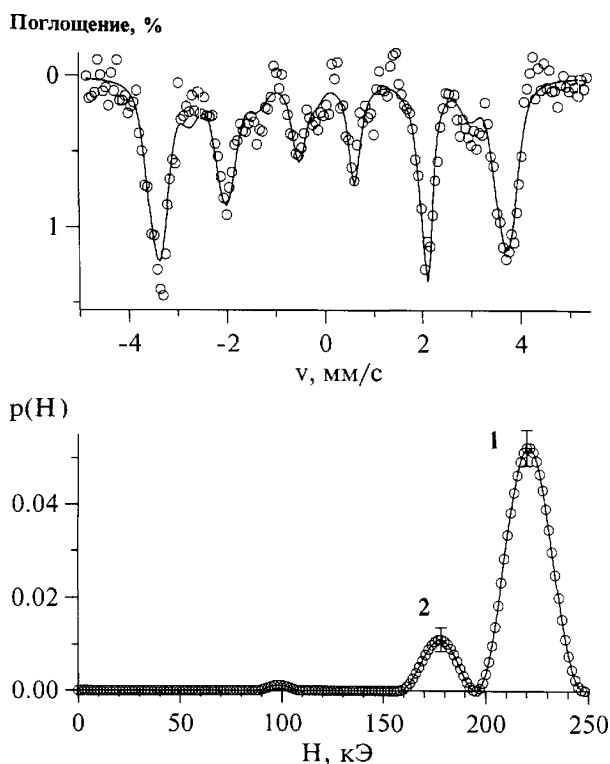


Рис. 1. Исходный мёсбауэровский спектр $TbFe_2(Sn)$ при $T = 293$ К и результат его обработки по модели $p(H)$

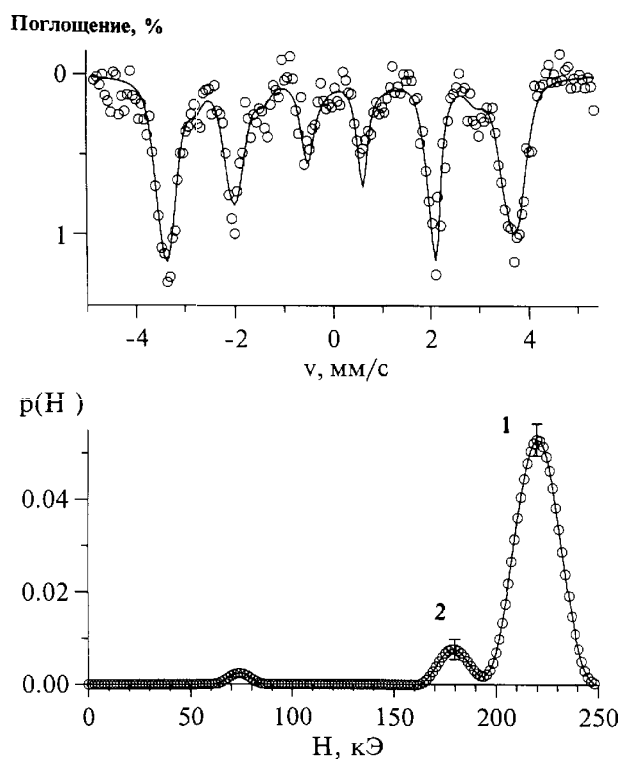


Рис. 2. Мёсбауэровский спектр $TbFe_2(Sn)$ после действия электрического поля и результат его обработки по модели $p(H)$

после возмущения. Измерения выполнены на обычном мёссбауэровском спектрометре. Каждый спектр измерялся в течение 10–12 ч. Обработка данных спектров проведена по методу восстановления функции плотности вероятности распределения магнитных полей $p(H)$. Характер распределения полей свидетельствует о наличии в спектрах преимущественно двух типов полей, с максимумами при 220 и 180 кЭ, которые соответствуют двум магнитно-неэквивалентным положениям атомов Fe в данной магнитной структуре [2]. Отношение заселенностей этих положений (отношение площадей под пиками, обозначенными на рисунках цифрами 1 и 2), изменилось после электрического воздействия, а именно возросло примерно в 1.5 раза. В дальнейшем мы обрабатывали спектры как суперпозицию двух основных мёссбауэровских секстетов. На рис. 3 приведена полученная временная зависимость отношения площадей двух секстетов (S_1/S_2). Оказалось, что отношение S_1/S_2 после действия электрического поля скачком возрастает и затем осциллирует с периодом около 5 сут (рис. 3, а), что хорошо согласуется с результатами работы [1]. Измерения, проведенные через 50 сут после возмущения, показали, что образец вернулся к исходному состоянию по значениям параметра S_1/S_2 (рис. 3, б). Снижение концентрации немагнитной примеси от 6.7 ат.% (в [1]) до 0.5 ат.% (в настоящей работе) не сказалось существенно на процессе колебаний.

Эти колебания магнитной структуры, выведенной из равновесия, можно назвать «магнитными часами» по аналогии с «химическими часами» в реакции Белоусова–Жаботинского.

Механизм, объясняющий физическую природу эффекта, обсуждался в работах [1] и [3]. Можно предположить, что в результате возмущения решетки

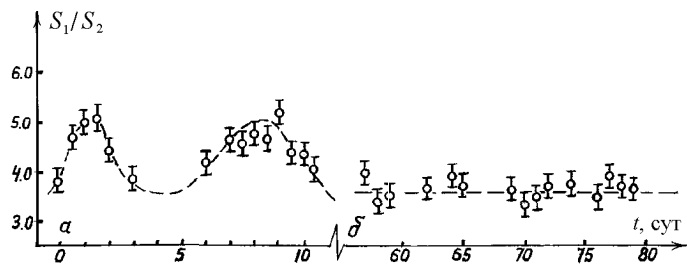


Рис. 3. Временная зависимость параметра S_1/S_2 (модель двух секстетов) в $TbFe_2(Sn)$ после действия электрического поля

редкоземельных магнетиков электрическим полем магнитоупругое взаимодействие приобретает колебательный характер. Этот процесс носит скорее всего кластерный, кооперативный характер, причем средний магнитный момент кластера превышает магнитный момент атомов Fe примерно в 20 раз, что в соответствии с расчетами [2] и определяет период колебаний в 5–6 сут.

Авторы признательны В.С. Русакову за помощь в математической обработке мёссбауэровских спектров.

Работа выполнена при поддержке программы «Университеты России» (грант 990535).

Литература

1. Годовиков С.К., Перфильев Ю.Д., Петухов В.П. // Изв. РАН, сер. физ. 1999. **63**, № 7. С. 1416.
2. Годовиков С.К., Перфильев Ю.Д., Попов Ю.Ф., Фиров А.И. // ФТТ. 1998. **40**, № 3. С. 508.
3. Годовиков С.К., Петухов В.П., Перфильев Ю.Д., Фиров А.И. // ФТТ. 2000. **42**, № 6. С. 1073.

Поступила в редакцию
14.06.00