

## МЕССБАУЭРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЯДЕРНОЙ СПИН-СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

*В.Л.Пономарчук, В.В.Еременко*

Обнаружена резонансная зависимость интенсивности спутников в мессбауэровском спектре  $Fe^{57}$  от статического поля при возбуждении однородной прецессии магнитного момента тонкого железного образца. Наблюдалась нелинейная зависимость частоты прецессии ядерного магнитного момента от мощности радиочастотной (РЧ) накачки.

Взаимодействие электронных и ядерных магнитных моментов приводит не только к зеемановскому расщеплению ядерных подуровней в эффективном магнитном поле на ядре, но и к ряду динамических эффектов [1], которые экстремальны при совмещении частот ядерного магнитного и ферромагнитного резонансов [2], что экспериментально осуществимо в тонких ферромагнетиках [3]. Нами изучалось состояние ядерной спин-системы  $Fe^{57}$  методом ядерного гамма-резонанса (ЯГР) в условиях возбуждения однородной прецессии магнитного мо-

мента тонкого железного образца, намагниченного в плоскости. Методика позволяла одновременно наблюдать ЯГР и контролировать амплитуду поперечной компоненты намагниченности ( $M_{\perp}$ ) методом скрещенной катушки Блоха. Из ЯГР спектров после машинной обработки вычислялись относительные интенсивности побочных полос поглощения ( $s$  — площадь спутника,  $S$  — площадь основной линии), расположенных на расстоянии  $\Omega$  от основных линий ( $\Omega = 2\pi 62$  МГц — частота накачки).

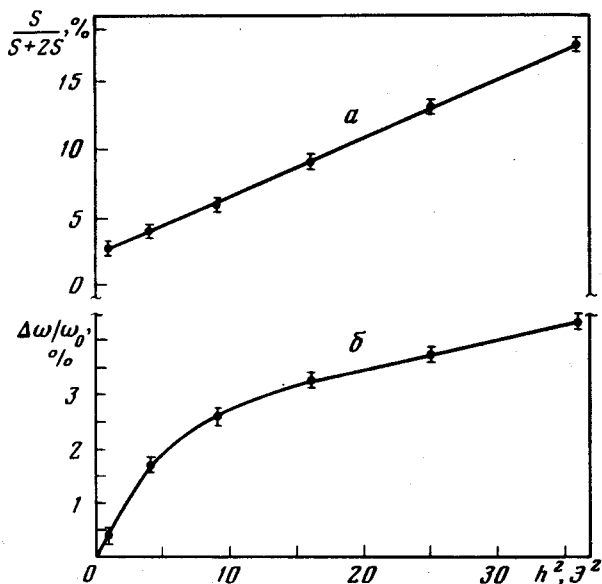


Рис. 1. Зависимости нормированной площади спутников (а) и относительного ДСЧ основного состояния ядра (б) от подводимой РЧ мощности

Частота накачки больше частот ядерного магнитного резонансов основного и возбужденного состояний  $Fe^{57}$ , поэтому эффектами резонансного поглощения можно пренебречь, и рассматривать интенсивность спутников только как функцию амплитуды РЧ поля на ядре [4]. Нормированная площадь спутников (рис. 1, а), в отсутствие статического поля пропорциональна подводимой мощности ( $h^2$ ), т. е. пропорциональна числу квантов РЧ поля, что говорит о двухквантовом, через виртуальный уровень, характере переходов из основного в возбужденное состояние ядра. Относительный динамический сдвиг частоты (ДСЧ) основного состояния ядра  $\Delta\omega/\omega_0$  (где  $\omega_0$  — частота ЯМР невозмущенного ядра,  $\Delta\omega$  — изменение частоты ЯМР), определялся нами по изменению соответствующих интервалов между компонентами ЯГР спектра. Зависимость ДСЧ от мощности приведена на рис. 1, б. Как известно [1], ДСЧ является существенно нелинейной функцией не только частоты и амплитуды РЧ поля на ядре, но и величины проекции ядерного магнитного момента, которые во вращающейся системе координат может иметь различные устойчивые стационарные состояния и переходить из одного в другое при изменении параметров связанной электронно-ядерной колебательной системы. На рис. 2 приведены резонансные зависимости амплитуды поперечной компоненты намагниченности (кривые 1 и 2), интенсивности спутников (3 и 4) и ДСЧ ядра (5 и 6) от напряженности статического поля, при различных амплитудах накачки. Из сравнения кривых (1, 2, 3 и 4) видно, что метод ЯГР обладает боль-

шей разрешающей способностью, чем используемый нами метод скрещенной катушки, а в интервале статических полей 40 – 400 Э, где по-видимому, возбуждаются магнитоэлектрические моды Уокера с четными индексами и где нами наблюдалось резонансное изменение ДСЧ от статического поля, достигающее 14% [5], методом Блоха вообще не удалось обнаружить каких-либо особенностей.

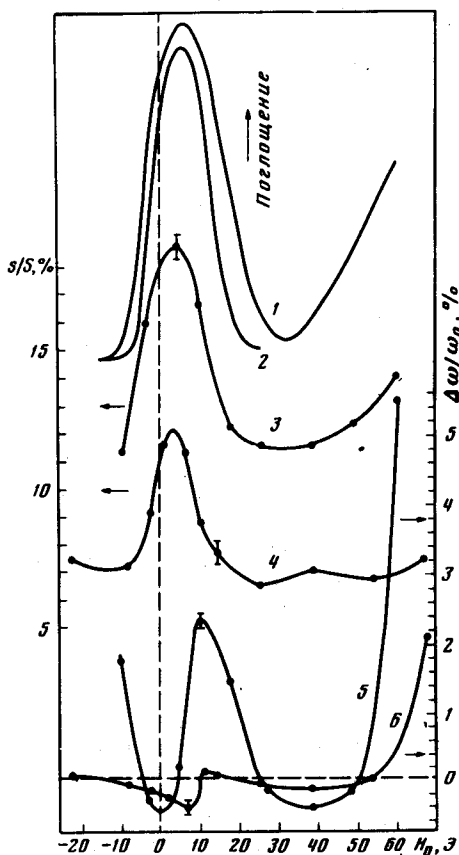


Рис. 2. Зависимости  $M_{\perp}$  (кривые 1 и 2), площади спутников (3 и 4) и ДСЧ ядра (5 и 6) от статического поля ( $H_0$ ) при различных амплитудах РЧ поля ( $h$ ). (Кривым 1, 3 и 5 соответствует  $h = 2,3$ ; 4 и 6 –  $h = 1,4,3$ ; 2 –  $h = 10^{-4},3$ )

Зависимости (3 и 4) отражают, по-видимому, изменение поперечной магнитной восприимчивости образца в условиях ферромагнитного резонанса и соответствующее изменение коэффициента усиления РЧ поля на ядре [1, 2]. Из поведения ДСЧ (кривая 6) видно, что при изменении собственной частоты электронной системы, которая [3] пропорциональна статическому полю, скачком изменяется знак проекции ядерного момента, что аналогично изменению на  $180^\circ$  фазы колебаний в модели двух связанных линейных осцилляторов при изменении характеристической частоты одного из осцилляторов. Однако, при большей мощности (кривая 5) преобладает, по-видимому, механизм параметрической связи между электронной и ядерной системами, приводящий к нелинейной зависимости собственной частоты ядра от амплитуды колебаний [1]. Возможно, что в условиях сильной магнитной анизотропии (в нашем случае – анизотропия формы) колебания магнитного момента образца возбуждаются параметрически (см. [6], где сообщалось

о возбуждении мессбауэровских спутников на частотах  $\Omega$  и  $\Omega/2$  в  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  – антиферромагнетике с анизотропией типа легкая плоскость).

Необходимо отметить, что величина расщепления возбужденного состояния ядра, в пределах точности эксперимента, остается постоянной, т. е. среднее значение эффективного поля на ядре не меняется, что также подтверждает механизм когерентного динамического взаимодействия электронной и ядерной намагниченностей для ядер в основном состоянии.

Физико-технический институт  
низких температур  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
26 марта 1980 г.

### Литература

- [1] Е.А.Туров, М.И.Куркин. Кн. "Проблемы магнитного резонанса", М., изд. Наука, 1978, стр. 271.
  - [2] В.А.Игнатченко, В.К.Мальцев, В.И.Цифринович. ЖЭТФ, 75, 217, 1978.
  - [3] А.Н.Погорелый, Г.И.Левич. ФММ, 28, 92, 1969.
  - [4] В.Г.Показаньев, М.Л.Григорьев. ЖЭТФ, 60, 1423, 1971.
  - [5] В.Л.Пономарчук, В.В.Еременко. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике магнитных явлений, Харьков, 1979, стр. 376.
  - [6] L. Pfeiffer. Кн. Тезисы Международной конференции по магнетизму. Москва, 1973, стр. 94.
-