



О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ СИЛ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИЗУЧЕНИИ НЕЛИНЕЙНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В НЕЗАКРЕПЛЕННЫХ ОБРАЗЦАХ

А. И. ФИЛАТОВ, В. Г. ШИРОНОСОВ

Краткие сообщения и письма в редакцию.
Изв. вузов, Физика, № 1, 1977, с.138-139.

Многочисленные экспериментальные исследования, выполненные в области НФМР, выявили тонкую структуру магнитоакустических колебаний и гистерезисных явлений по подмагничивающему полю и мощности накачки [1-3]. Некоторые особенности этой структуры уже получили вполне удовлетворительное физическое объяснение. Причины появления других (медленные квазипериодические вариации сигнала НФМР, самопроизвольные переполюсы с одной акустической моды на другую и т. д.) еще выяснены не полностью [3, 4].

Не исключено, что некоторые из упомянутых здесь «аномалий» НФМР обусловлены тривиальными техническими причинами (неоднородность магнитных полей, паразитные ДМ и ЧМ сигнала накачки, перегрев центральной части образца выше точки Кюри и т. п.), которые в существующих теориях НФМР не учитываются.

К таким аномалиям, как мы выяснили, относятся медленные (частота $\sim 1 \div 20$ Гц) вариации сигнала магнитоакустического резонанса (МАР) в сферических незакрепленных образцах из монокристалла железо-иттриевого граната (ЖИГ) при непрерывной поперечной накачке на частоте 9420 МГц. Оказалось, что при подходе к НФМР на образец ЖИГ начинает действовать магниторезонансная сила (МРС). Она выталкивает ЖИГ со дна ампулы на ее боковую стенку, где условия резонанса нарушаются либо из-за неоднородности подмагничивающего поля, либо из-за поворота образца при качении. Выход из области ФМР приводит к исчезновению МРС. Под действием силы тяжести сфера ЖИГ скатывается обратно на дно ампулы, где попадает в резонансную область и снова выталкивается на боковую стенку. В дальнейшем все процессы повторяются.

Это довольно неожиданное объяснение медленных вариаций сигнала НФМР подтверждается оценками величины МРС и серией контрольных опытов¹⁾. Допуская возможность изменения магнитного момента \mathbf{m} при пространственном перемещении и поворотах образца (из-за неоднородности внешнего поля \mathbf{H} и кристаллографической анизотропии ЖИГ), получим следующую формулу для силы F , действующей на образец:

$$F_i = \mu_k (\partial H_k / \partial x_i) + H_k (\partial \mu_k / \partial x_i) = F_i^{(1)} + F_i^{(2)}. \quad (1)$$

Расчеты показывают, что для ЖИГ в (1) доминирует второе слагаемое. Это как раз та МРС, которая ответственна за отмеченные выше вариации сигнала НФМР.

¹⁾ *Замысловатый «танец» образца по внутренней поверхности небольшой ампулы, с помощью которой ЖИГ фиксировался в центре СВЧ резонатора, мы наблюдали через защитные предельные аттенюаторы, установленные в местах ввода ампулы в резонатор. Величина МРС оценивалась по разрыву двух сферических образцов ЖИГ в момент прохождения резонанса.*

Она носит резонансный характер и при умеренном насыщении (поле накачки равно ширине $2\Delta H$ линии ФМР) по порядку величины равна

$$F^{(2)} \approx H_0 V M_s / l \quad (2)$$

где H_0 - подмагничивающее поле в месте расположения образца, V - объем образца, M_s - намагниченность насыщения, l - характерный размер пространственной области, на границах которой подмагничивающее поле изменяется на величину порядка $2\Delta H$.

Подстановка в (2) соответствующих численных значений для ЖИГ ($4\pi M_s = 1750$ Гс, $2\Delta H = 0,5$ Э, при градиенте $0,5$ Э/см это дает $l \approx 1$ см) в поле $H_0 = 3300$ Э приводит к следующей оценке величины МРС: $F^{(2)} = 90 F_T$, где $F_T = \rho V g$ — сила тяжести образца (для ЖИГ плотность $\rho \approx 5,2$ г/см³). Ясно, что столь значительную МРС нельзя игнорировать при интерпретации результатов экспериментального исследования нестабильностей и гистерезисных явлений в НФМР.

Более точные оценки МРС и характер ее зависимости от пространственных координат, а также детали эксперимента будут опубликованы в другом месте. Здесь отметим лишь, что большая МРС возникает не только из-за неоднородности подмагничивающего поля. Она оказывается значительной и в однородном поле, В этом случае МРС появляется либо из-за градиента поля накачки, либо из-за влияния фиктивных зеркальных отражений в полусных наконечниках магнита.

Было обнаружено также, что традиционные способы жесткого крепления образца не являются надежными. При нагреве образца пленка клея лопается, а в полистироловом и фторопластовом креплениях образуется полость, в которой образец оказывается «свободным».

В заключение мы выражаем благодарность А. Г. Гуревичу за любезное представление образцов ЖИГ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] E. G. Spenser, R. Le G r a w, Phys. Rev. Letters, 1, 241, 1958; Journ. Appl. Phys. Suppl., 30, 1495, 1959. [2] В. Д. Бурков, А. В. Вашковский, В. Н. К и л ь-дишев. ФТТ, 10, 605, 1968; ФТТ, 10, 3735, 1968. [3] Я. А. Моносов. Нелинейный ферромагнитный резонанс, «Наука», М., 1971. [4] А. В. Вашковский, В. И. Зуб-ков, Р. Г. К о ч а р я н. ЖЭТФ, 66, 274, 1974.

Уральский политехнический институт
им. С. М. Кирова

Поступило в редакцию
У июня 1976 г.