

ФОРМА ЛИНИИ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В ОБЛАСТИ ЗНАЧЕНИЙ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, БЛИЗКИХ К ЭФФЕКТИВНОМУ ПОЛЮ АНИЗОТРОПИИ

В.И.Козлов

Известно, что в образцах, обладающих анизотропией, для некоторых направлений резонансная частота обращается в нуль при конечных значениях внешнего магнитного поля [1]. Для этих направлений при данной частоте могут иметь место два резонансных значения магнитного поля.

Рассмотрим случай плоского образца, обладающего намагниченностью M и плоскостной одноосной анизотропией. В работе [2] получены выражения для действительной и мнимой частей диагональных компонент тензора динамической восприимчивости для такого образца. Поскольку экспериментально обычно наблюдают сигнал, пропорциональный мнимой части диагональной компоненты χ''_{22} , то ограничимся ее рассмотрением

$$\chi''_{22} = \frac{\alpha\gamma\omega M_x(\omega^2 - \omega_0^2 + 16\pi\gamma^2 M^2)}{M[(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (4\pi\alpha\gamma\omega M)^2]} \quad (1)$$

Здесь α — параметр затухания, γ — магнетомеханическое отношение, ω — частота переменного поля, ω_0 — резонансное значение этой частоты, M — намагниченность образца. Система прямоугольных координат x, y выбрана таким образом, что оси x и y лежат в плоскости образца, причем ось y — вдоль оси легкого намагничивания. Будем также считать, что эффективное поле одноосной анизотропии $H_k \ll 4\pi M$.

Выполнен численный расчет значений χ''_{22} по формуле (1) для характерных значений параметров магнитных материалов (в частности, для пермаллоя) $M=800$ Гс, $H_k=3$ Э, $\alpha_1=0.005$, $\alpha_2=0.010$ и ряда значений частоты в пределах 10–9400 МГц. В области внешних полей $|H| < H_k$ учтено вращение вектора \mathbf{M} при изменении величины внешнего поля \mathbf{H} , приложенного вдоль оси трудного намагничивания. При этом справедливы соотношения [3]

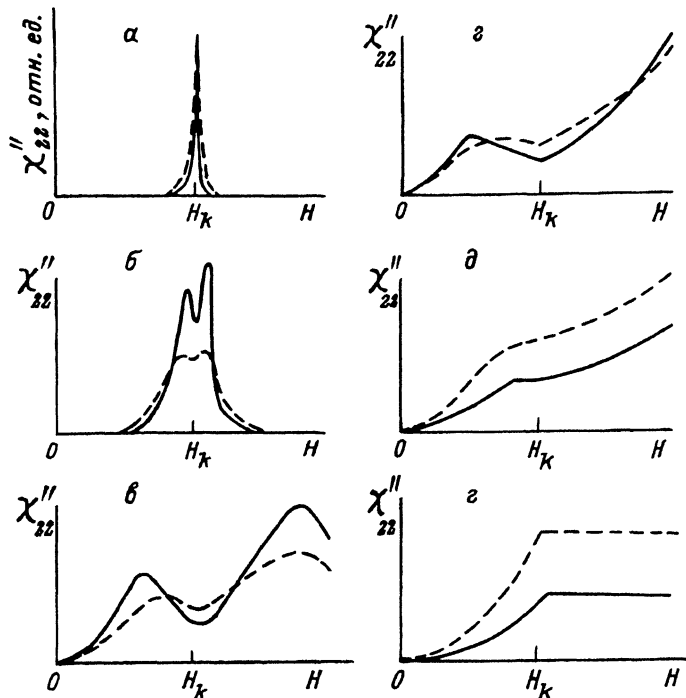
$$H = H_k \sin \varphi, \quad M_x = M \sin \varphi, \quad M_y = M \cos \varphi, \quad (2)$$

где φ — угол между вектором \mathbf{M} и осью легкого намагничивания.

Результаты расчета приведены на рисунке. Форма кривых зависимости $\chi''(H)$ слабо зависит от частоты вдали от ее значения, определяемого соотношением

$$\omega_0 = \gamma\sqrt{4\pi M H_k}, \quad (3)$$

т.е. меньше 50 МГц и больше 1000 МГц. На низких частотах при $H = H_k$ имеет место резонансный пик, ширина которого определяется величиной константы затухания α (см. рисунок, а). В промежуточной области частот график функции $\chi''_{22}(H)$ меняется с частотой довольно сильно. На частоте в несколько десятков мегагерц резонансный пик действительно раздваивается (см. рисунок, б), как было указано в начале данной работы и конкретно для пермалловых пленок обнаружено Хаста [4]. При



Зависимость мнимой части диагональной компоненты тензора динамической восприимчивости χ''_{22} от внешнего магнитного поля на различных частотах. $a - 10$, $б - 100$, $в - 400$, $г - 500$, $д - 700$, $е - 9400$ МГц; сплошная линия — $\alpha_1 = 0.005$, пунктир — 0.010 .

дальнейшем повышении частоты низкополевой пик ($H < H_k$) сдвигается в область еще более низких полей, деформируется, теряет резонансную форму и превращается в параболический сигнал квазистатического перемагничивания. Пик при $H > H_k$ (см. рисунок, б), будучи сигналом классического ферромагнитного резонанса, с повышением частоты уходит в область высоких значений магнитного поля. Для пермаллоя на частоте 9400 МГц $H_{\text{ФМР}} \approx 1000$ Э.

Таким образом, выяснена структура сигнала ферромагнитного резонанса в области значений внешнего магнитного поля, прилегающих к значению эффективного поля анизотропии на примере образца, представляющего собой пленку с плоскостной одноосной анизотропией.

Список литературы

- [1] Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. М.: Наука, 1973.
- [2] Козлов В.И., Мешалкин В.И., Телеснин Р.В., Венкина В.С. // ФММ. 1973. Т. 35. № 1. С. 189-192.
- [3] Кобелев В.В. Петли гистерезиса одноосных ферромагнитных пленок. М., 1961.
- [4] Nasty T.E., Boudreau L.J. // J. Appl. Phys. 1961. Vol. 32. N 10. P. 1807.

Московский университет им.М.В.Ломоносова

Поступило в Редакцию
22 июня 1992 г.