

# ФОРМА ЛИНИИ НЕЛИНЕЙНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ВТОРОГО ПОРЯДКА

*И.А.Дерюгин, В.В.Запорожец*

В работе [1] наблюдалось явление нелинейного ферромагнитного резонанса (НФМР) в сверхвысокочастотном диапазоне. Аналогичная задача решена из феноменологического уравнения движения для вектора намагниченности с членом затухания в комбинированной форме Блоха – Вангснесса [2] для конкретного случая ферритовой сферы в резонаторе (рис. 1).

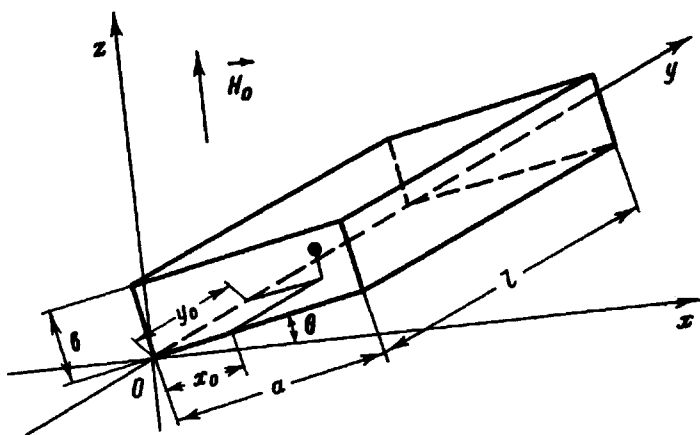


Рис.1. Резонатор с ферритовой сферой

Поглощенная мощность при НФМР второго порядка выражается в таком виде:

$$P_{\text{погл.}} = \frac{\gamma^2 \mu_0 T_2}{\omega_0} V h^2 (h_x + h_y^2) \times$$

$$\times \frac{\gamma \mu_0 M_s \left( 1 + \frac{4\pi \chi_{\text{СТ}}}{3\mu_0} \right) - \frac{\chi_{\text{СТ}}}{\mu_0} (\gamma \mu_0 H_0 - 2\omega_0)}{\left( 1 + \frac{4\pi \chi_{\text{СТ}}}{3\mu_0} \right)^2 + T_2^2 (\gamma \mu_0 H_0 - 2\omega_0)^2}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – гиромагнитное отношение,  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $h$ ,  $\omega_0$  – амплитуда и частота микроволнового излучения,  $V$  – объем феррита,  $\chi_{\text{СТ}}$  – статическая магнитная восприимчивость,  $T_2$  – время релаксации,  $H_0$  – напряженность медленно меняющегося подмагничивающего поля,  $M_s$  – намагниченность насыщения.

Из выражения (1) видно, что форма кривой поглощения описывается двумя слагаемыми, одно из которых пренебрежимо мало в случае узких кривых поглощения ( $\gamma \mu_0 M_s T_2 \gg 1$ ).

Оставшееся слагаемое – лоренциан. Если учесть, что форма линии ФМР описывается таким же выражением, как и форма кривой НФМР, следует ожидать лоренцевой формы экспериментальных кривых поглощения в обоих случаях.

Экспериментально исследована форма кривой НФМР методом линейных анаморфоз [3]. На рис. 2 представлены анаморфозы исследуемой линии. Видно, что вблизи резонанса линия описывается формой Лоренца

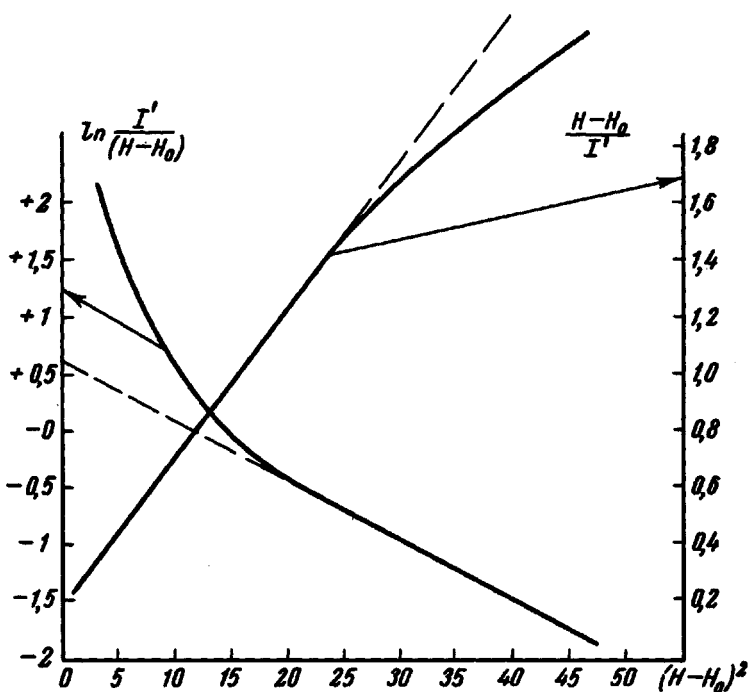


Рис.2. Линейные анаморфозы кривой НФМР ( $\Delta H_{\text{Л}} = 1,3 \text{ э}$ ;  $\Delta H_{\text{Г}} = 3,2 \text{ э}$ ;  $I'_{0\text{Л}} = 42$ ; одно деление  $H-H_0 = 9,74 \text{ э}$ )

( $2\Delta H_{\text{Л}} = 2,6 \text{ э}$ ), а на крыльях – формой Гаусса ( $2\Delta H_{\text{Г}} = 6,4 \text{ э}$ ). Этот результат согласуется с экспериментальными результатами исследований формы кривой при линейном ФМР [4], в том смысле, что наблюдается аналогия формы линий ФМР и НФМР. Однако эти исследования показывают, что феноменологические уравнения движения для вектора намагниченности, предусматривающее лоренцову форму кривых поглощения,

только грубо описывают поведение ферромагнитной среды в области резонанса и для описания крыльев линий они неприменимы.

Эксперимент был проведен на стандартном радиоспектрометре РЭ 1301 на частоте 9350 *Мгц*. Мощность микроволнового излучения – порядка 16 *вт*, добротность отражательного резонатора для колебаний типа  $H_{130}$  равна 1000. Исследования производились на монокристаллической сфере из железо-иттриевого граната диаметром 2,4 *мм*. Для уменьшения времени записи производной от кривой поглощения радиоспектрометр был сопряжен с электронной вычислительной цифровой машиной "Проминь". Время записи кривой – 20 *сек*; в течение этого времени температурные изменения образца и уход частоты излучения не могли исказить форму регистрируемой линии, что следовало из повторяемости полученных результатов.

Киевский  
государственный университет  
им. Т.Г.Шевченко

Поступило в редакцию  
4 июня 1968 г.

### Литература

- [1] И.А.Дерюгин, В.В.Запорожец, Г.А.Мелков. Письма ЖЭТФ, 5, 353, 1967.
- [2] А.Л.Микаэлян. Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах, Госэнергоиздат, М.–Л., 1963.
- [3] Н.Н.Тихомирова, В.В.Воеводский. Оптика и спектроскопия, 7, 829, 1959.
- [4] И.А.Дерюгин, В.В.Запорожец, П.С.Куц. Исследование энергетического спектра электронов в металлах. Изд. "Наукова думка", Киев, стр.85, 1965.