

РАСЧЕТ ЧАСТОТЫ ФМР МАГНИТОАКТИВНОГО МЕТАМАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРИРОВАННОГО ФЕРРИТА

Кравчук О.А.¹, Полевой С.Ю.²

Научный руководитель – д.ф.-м.н. проф. Тарапов С.И.

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф МЭПУ, тел. (057)702-14-84)
e-mail. olha.kravchuk@nure.ua

²Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины,
(61085, Харьков, ул. Ак. Проскуры 12, отд. Радиоспектроскопии,
тел. (057)763-43-63

The paper presents the results of a numerical calculation of the dependence of the ferromagnetic resonance frequency f_{res} on the static magnetic field H_0 of structured ferrite (brand 1SCh4) with parameters $4\pi M_S = 4750$ Gs, $g = 2.14$ and groove depth $d = 0,2; 0,4; 0,6$ mm. It is shown that the calculated data coincide with the results of the experiment.

Как известно, форма образца и направление постоянного магнитного поля влияют на частоту ферромагнитного резонанса (ФМР) для ферромагнетиков [1]. ФМР является частным случаем электронного спинового резонанса (ЭСР). Это означает, что можно получить ферромагнитную среду с определенной структурой и заданными материальными параметрами (диэлектрическая и магнитная проницаемость). Кроме того, такое структурирование среды может изменить частоту ФМР. Это также приводит к образованию пространственных электродинамических резонансов и вносит значительный вклад в формирование эффективной магнитной проницаемости всей структуры. Но расчет пространственных электродинамических резонансов является сложной задачей в таких структурах. Это обусловлено неоднородной структурой намагниченности образца и отсутствием точной модели для расчета таких структур. Таким образом, целью работы является аналитический расчет резонансной частоты ФМР в структурированных ферритовых образцах с различной глубиной канавок на поверхности. Для исследований были выбраны шесть образцов феррита 1SCh4 ($4\pi M_S = 4750$ Гс, $g = 2,14$, размеры образца $a \times b \times c = 7,2 \times 3,4 \times 1$ мм³) с периодическим рядом канавок на широкой/узкой стороне с глубиной $d = 0,2; 0,4; 0,6$ мм. Все образцы разделены на две группы. В первой группе (S1) канавки размещены вдоль широкой стороны a образца; во второй серии (S2) канавки размещены вдоль узкой стороны b образца. Контрольный образец с такими же геометрическими размерами представляет собой феррит без канавок на поверхности. Для экспериментального исследования каждый

образец помещался в металлический полый прямоугольный волновод сечения $B \times A = 23 \times 10 \text{ мм}^2$. Образцы располагались таким образом, что узкая сторона образца b перпендикулярна широкой стенке волновода в сечении B . Постоянное магнитное поле H_0 направлено вдоль узкой стенки волновода A , а микроволновое магнитное поле h направлено вдоль широкой стенки волновода B . Для расчета использовалась формула для размагничивающих факторов для прямоугольных ферромагнитных призм (см. [2]) для случаев, когда H_0 параллельна бороздкам и пластинам.

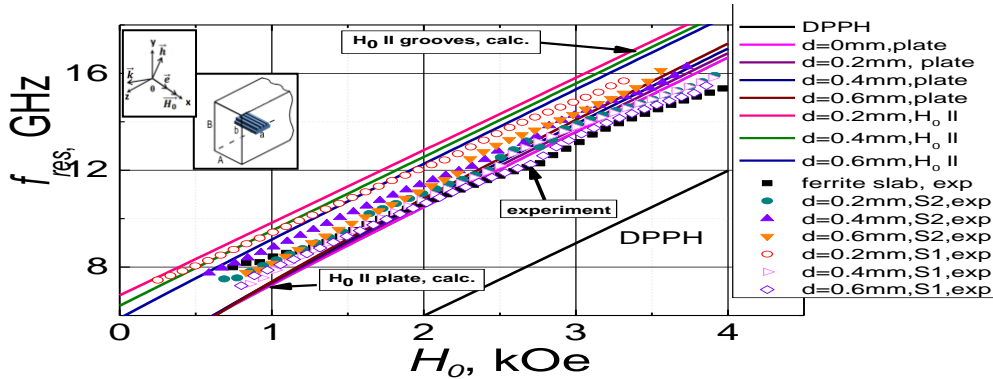


Рис. 1. Зависимость f_{res} ФМР от статического магнитного поля H_0 для образцов феррита с канавками глубиной $d = 0; 0,2; 0,4; 0,6$ мм

Из рис. 1 видно, что с увеличением постоянного магнитного поля H_0 и уменьшением глубины канавок d частота ФМР увеличивается (см. кривые «experiment» и «H₀P grooves»). Также видно из рис. 1, что положение канавок относительно оси, вдоль которой направлено постоянное магнитное поле H_0 , влияет на положение частоты f_{res} ФМР. И, как показано на рис.1, экспериментальные кривые расположены между расчетными кривыми для случая, когда H_0 параллелен канавкам, и для случая, когда H_0 параллельно плоским образцам («plate»). В результате представленное положение экспериментальных и расчетных кривых подтверждает, что использованная методика [2] здесь может быть применена для расчета f_{res} для ферритов, имеющих сложную структуру поверхности. Авторы благодарят профессора Б. Н. Чичкова из Laser Centrum Hannover (Германия) за предоставленные образцы для исследований.

Литература: 1. V. V. Eremenko, A. S. Milner, E. S. Borovik, Lectures on Magnetism / *Lektsii po magnetizmu*. Moscow: Physmathlit, 2005, 512 pp. [Russian]. 2. Amikam Aharoni, Demagnetizing factors for rectangular ferromagnetic prisms, J. Appl. Phys. 83, 3432 (1998); doi: 10.1063/1.367113.