

ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ ОБРАТНЫХ ОБЪЕМНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН ОТ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА ФЕРРИТОВОЙ ПЛЕНКИ

Г.А. В у г а л ь т е р , А.Г. К о р о в и н

В последнее время интенсивно исследуется дифракция магнито-статических волн (МСВ) на различных неоднородностях (см., на-пример, [1-4]). Одновременно ведутся поиски и изучение волнове-душих структур для МСВ [5, 6]. Цель нашей работы - эксперимен-тально продемонстрировать эффект полного внутреннего отражения обратных объемных МСВ (ООМСВ) от металлической полуплоскости, лежащей на поверхности ферритовой пленки, и показать, что, исполь-зуя этот эффект, можно создать волновод ООМСВ. Такой волновод представляет собой щель в металлическом покрытии ферритовой пленки, причем края щели параллельны полю подмагничивания \vec{H}_0 .

Возможность полного внутреннего отражения ООМСВ в системе, показанной на рис. 1, качественно поясняется с помощью рис. 2, на котором изображены линии постоянной частоты основной моды ООМСВ (на то, что кривая 2 несимметрична относительно оси k_z , впервые обратили внимание авторы работы [7]). Волновые векторы падающей, отраженной и прошедшей волн имеют одинаковые проек-ции на ось z , равные $k_{z, \text{пад}}$. При

$$-\tilde{k}_0(\omega) < k_{z, \text{пад}} < -k_0(\omega) \quad (1)$$

(смысл $k_0(\omega)$, $\tilde{k}_0(\omega)$) ясен из рис. 2; ω - циклическая час-тота падающей волны) прямая $k_z = k_{z, \text{пад}}$ не пересекает кривую 2 (а вместе с ней и линии постоянной частоты высших мод ООМСВ, которые расположены ниже кривой 2). Следовательно, не существ-вует распространяющихся под металлом ООМСВ, в которые может трансформироваться падающая волна. Точно так же не может она трансформироваться и в высшие моды в неметаллизированной пленке феррита. Поэтому энергетический коэффициент отражения R ООМСВ основного типа при условии (1) равен единице.

Для экспериментального обнаружения полного внутреннего отра-жения ООМСВ использовалась пленка железо-иттриевого граната (ЖИГ) на подложке из галлий-гадолиниевого граната (толщина плен-ки 16 мкм, параметр релаксации $2\Delta H = 0.5$ Э. намагниченность на-сыщения 1750 Гс). Размеры пленки были достаточно большими, чтобы сделать несущественными эффекты, связанные с отражением ООМСВ от краев пленки. Последняя прикреплялась (через подлож-ку) к металлическому основанию и помещалась между полюсами электромагнита, создающего в пленке однородное поле подмагничи-

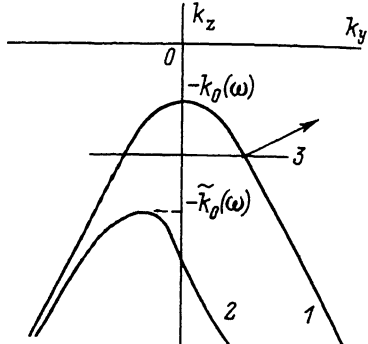
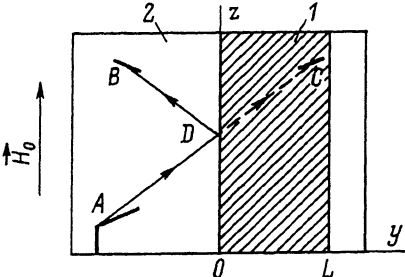


Рис. 1. Металлический слой (1) на поверхности ферритовой пленки (2). А - излучающий преобразователь; В, С - положения приемного зонда соответственно при наличии и отсутствии металлического слоя.

Рис. 2. Линии постоянной частоты основной моды ООМСВ в неметаллизированной (1) и металлизированной (2) пленках феррита. 3 - прямая $k_z = k_{z, \text{rag}}$. Стрелкой показано направление групповой скорости падающей волны.

вания. Возбуждение ООМСВ осуществлялось антенной из металлической проволоки диаметром 100 мкм, которая лежала на поверхности пленки. Поскольку антенна не была короткозамкнутой на конце, ее длина выбрана сравнительно большой - 1 см. Антенна составляла с осью y угол θ . Прием ООМСВ осуществлялся зондом, изготовленным из тонкого коаксиального кабеля, центральный и внешний проводники которого соединялись проволокой диаметром 50 мкм. С помощью винтов зонд мог перемещаться в плоскости пленки, опираясь проволокой на ее поверхность. Кроме того, он мог вращаться вокруг оси, перпендикулярной плоскости пленки, изменяя ориентацию приемной антенны. Сигнал с зонда поступал на панорамный измеритель КСВН и ослабления Р2-54.

Роль металлической полуплоскости играл слой из сплава олова и висмута, нанесенный на поликоровую пластину. Металл накладывался на поверхность ферритовой пленки так, что его граница была параллельна полю H_0 (рис. 1).

Методика измерений такова. При фиксированных частоте и угле θ , перемещая зонд параллельно границе металла, находим точку В, которой соответствует наибольшее значение амплитуды отраженной волны. Вращая зонд в этой точке, подбираем ориентацию приемной антенны, соответствующую максимуму коэффициента передачи, и регистрируем значение K_B этого коэффициента. Затем убираем поликоровую пластину с металлическим слоем. Сигнал в точке В пропадает. Смещаем зонд из точки В параллельно оси y и находим точку С, где сигнал максимален. Подбираем в этой точке ориентацию зонда, обеспечивающую наилучший прием (как и

θ , град	14	14	18	18
$\omega/2\pi$, МГц	5688	5661	5696	5669
$K_B - K_C$, дБ	-7.7	-6.3	-8.2	-7.1
$K'_B - K'_C$, дБ	3.8	5	6.2	5.9

следовало ожидать, зонд оказывается параллельным излучающей антенне), и регистрируем максимальный коэффициент передачи K_C .

Пути ADB и ADC , проходимые сигналами в двух случаях, одинаковы, равны и потери при распространении ООМСВ по этим путям. Но структура падающей волны не совпадает со структурой отраженной: при $\theta \neq 0$ они локализованы вблизи различных поверхностей ферритовой пленки. Следовательно,

$$K_B - K_C = 10 \lg[\alpha^2(\bar{H}_0)R], \quad (2)$$

где $\alpha(\bar{H}_0)$ - отношение амплитуд магнитного потенциала отраженной волны на верхней и нижней поверхностях пленки (K_B, K_C измеряются в децибеллах). Расчет показывает, что $\alpha(-\bar{H}_0) = \alpha^*(\bar{H}_0)$. Поэтому, инвертировав \bar{H}_0 и повторив описанные выше измерения, получим новые значения K'_B, K'_C (поемим их штрихами), связанные соотношением

$$K'_B - K'_C = 10 \lg[\alpha^{-2}(\bar{H}_0)R]. \quad (3)$$

Если $R=1$, величины (2), (3) должны быть равны по модулю и противоположны по знаку.

Результаты некоторых измерений при $H_0 \approx 1350$ Э (величина H_0 восстановлена по измеренному значению верхней границы области частот, где существуют ООМСВ) и ширине металлического покрытия $L=5$ мм приведены в таблице. $K_B - K_C$ соответствует такому же направлению \bar{H}_0 , как на рис. 1.

Из таблицы видно, что $K_B - K_C$ и $K'_B - K'_C$ действительно противоположны по знаку. Разность модулей этих величин не превышает погрешности измерений (характерные значения $|K_{B,C}|$ составляют 20-30 дБ), коэффициент отражения близок к единице.

Уменьшение ширины металлического покрытия L до 1 мм при указанных выше частотах и углах θ практически не влияло на коэффициент отражения.

Для наблюдения волноводного эффекта использована щель между двумя проводниками из золота, нанесенными на поликорковую пластину. Ширина щели 1 мм, длина - 12 мм, ширина металлического покрытия 1.5 мм. Края щели параллельны \bar{H}_0 . Излучающий и приемный преобразователи, изготовленные из проволоки диаметром 150 мкм, располагались вдоль оси щели, были "утоплены" в поликор и имели длину около 2.3 мм. При наложении на микросхему пленки ЖИГ толщиной 19 мкм наблюдалось прохождение сигнала

в некотором интервале частот. При $N_0 \approx 2080$ Э максимальный коэффициент передачи составлял $K_{max} \approx 6$ дБ на частоте 7852 МГц, ширина полосы по уровню ($K_{max} - 3$) дБ была 28 МГц, а по уровню ($K_{max} - 20$) дБ - 200 МГц. Инверсия N_0 не влияла на амплитудно-частотную характеристику системы, а при изменении N_0 частоты максимума коэффициента передачи перестраивалась.

Если в микросхеме, в отличие от предыдущего случая, отсутствовал один из проводников, образующих щель, сигнал на выход не поступал, что свидетельствует о волноводных свойствах рассмотренной структуры.

Аналогичные результаты получены при ширине щели 0.5 мм.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Вашковский А.В., Шахназарян Д.Г. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 15. С. 908-911.
- [2] Вороненко А.В., Герус С.В. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 10. С. 632-635.
- [3] Бабенко В.Э., Медников А.М., Милыев Ю.К. и др. // ЖТФ. 1986. Т. 56. № 10, С. 2039-2041.
- [4] Беспятых Ю.И., Дикштейн И.Е., Симонов А.Д. // ЖТФ. 1989. Т. 59. № 2. С. 10-18.
- [5] Uehara M., Yashiro K., Ohkawara S. // J. Appl. Phys. 1983. V. 54. N 5. P. 2582-2587.
- [6] Гречушкин К.В., Стальмахов А.В., Тюлюкин В.А. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 21. С. 1973-1978.
- [7] Вашковский А.В., Валявский А.Б., Стальмахов А.В., Тюлюкин В.А. // РЭ. 1987. Т. 32. № 11. С. 2450-2452.

Поступило в Редакцию

7 июля 1989 г.