

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТРАЕКТОРИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН

А.В. В а ш к о в с к и й, В.И. З у б к о в,
Э.Г. Л о к к, В.И. Ш е г л о в

Создание неоднородности постоянного магнитного поля в ферритовой пленке – один из наиболее эффективных способов управления возбуждением, распространением и дисперсией магнитостатических волн (МСВ), позволяющий расширить функциональные возможности устройств на МСВ и существенно менять их характеристики. К сожалению, этот способ управления слабо изучен. Имеются лишь самые простые теоретические модели распространения МСВ в неоднородном магнитном поле типа „вала” [1–4] и поверхностных МСВ (ПМСВ) в неоднородных полях различной формы [4]. Экспериментально обнаружены лишь возникновение полосы непропускания ПМСВ [5] и зависимость времени задержки МСВ от степени неоднородности магнитного поля [6], хотя легко предвидеть еще целый ряд эффектов, аналогичных вызываемым неоднородностью внутреннего магнитного поля в объемных ферритовых образцах [7].

В настоящей работе впервые описываются результаты экспериментального исследования влияния неоднородности постоянного магнитного поля на траектории ПМСВ. Эксперимент проводился на круглой (диаметром 76 мм) пленке железоиттриевого граната (ЖИГ) толщиной 14.5 мкм. Пленка ЖИГ имела намагниченность насыщения $4\pi M_0 = 1810$ Гс и ширину резонансной линии $2\Delta H = 0.58$ Э. Плоскость пленки ЖИГ была перпендикулярна плоскостям идентичных круглых (диаметром 20 см) полюсов постоянного магнита, продольная ось которых лежала в плоскости пленки ЖИГ.

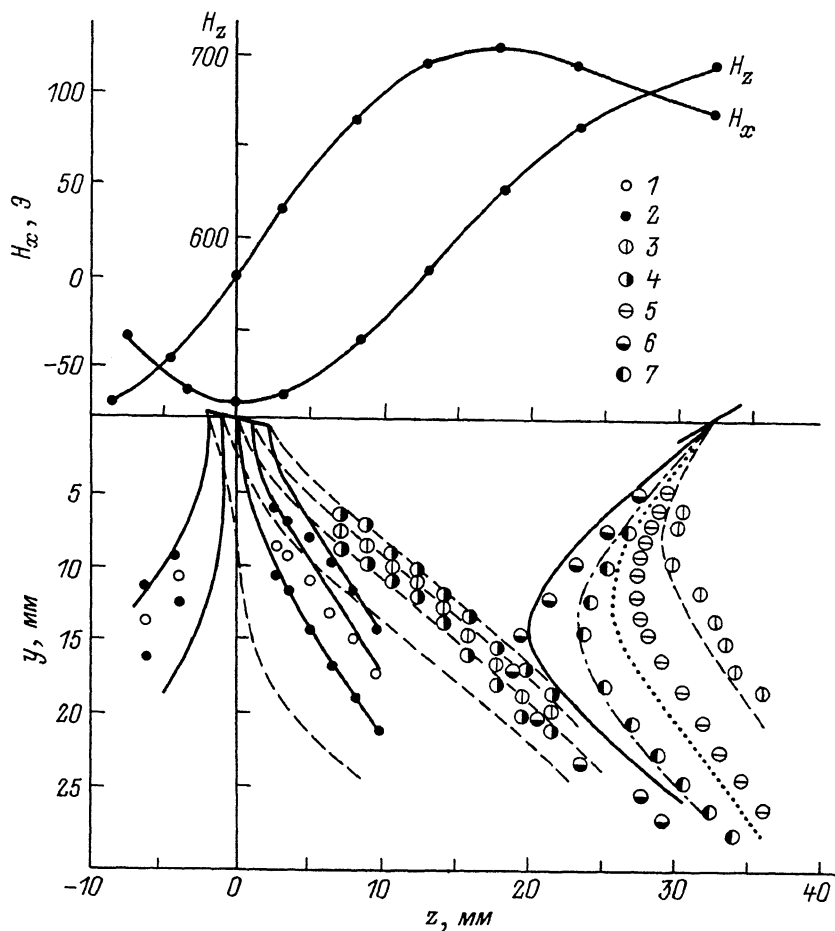
Неоднородность постоянного магнитного поля создавалась железным цилиндром диаметром 25 мм, ось которого была параллельна плоскостям полосов магнита, размещенным под пленкой ЖИГ со стороны ее подложки. Над поверхностью пленки ЖИГ перемещались подвижные входной и выходной преобразователи электромагнитной волны в ПМСВ, далее для краткости называемые антеннами. Они представляют собой коротко замкнутые отрезки позолоченной проволоки диаметром 10 мкм и длиной 4 мм и были параллельны поверхности пленки ЖИГ. При работе входная антенна фиксировалась в выбранном положении, а выходная — сканировала поверхность пленки ЖИГ с заданным шагом, подстраиваясь в каждой точке на максимум сигнала вращением вокруг оси, перпендикулярной плоскости пленки ЖИГ и проходящей через середину антенны.

Результаты экспериментов и их сравнение с теорией даны на рисунке. В верхней половине рисунка представлены измеренные зависимости \bar{z} -й и x -й компонент (H_z , H_x) постоянного магнитного поля H_0 , направленного вдоль оси Oz . В нижней половине рисунка нанесены траектории ПМСВ (точки различных типов) при различных положениях входной антенны и теоретические кривые, построенные в предположении, что $H_x = H_y = 0$; а $H_z = 510 + 50 (\bar{z} - \bar{z}_0)^2 - 5 (\bar{z} - \bar{z}_0)^4$, как это следует из верхней половины рисунка. Обоснование корректности предположения $H_x = H_y = 0$ дано в [2, 4].

Исследованы две ситуации: первая — ПМСВ распространяется „в увеличивающемся по величине поле H_0 “, вторая — ПМСВ распространяется „в уменьшающемся по величине поле H_0 “. Создавались условия, когда дифракционные явления, обусловленные конечностью размеров входной антенны, отсутствовали [8]. Изучались энергетические профили пучков ПМСВ (распределение отношения прошедшей между антеннами мощности к падающей на входную антенну от координат) на различных частотах. Оказалось, что в первой ситуации пучок ПМСВ широк, поэтому для его описания на рисунке показаны точки, в которых амплитуда ПМСВ максимальна, и точки, в которых амплитуда ПМСВ на 3 дБ меньше, а во второй ситуации пучок ПМСВ узок и для его описания нужны только первые из перечисленных выше точек.

Как видно из рисунка, первая ситуация реализуется, если центр входной антенны расположен в точке $y_0 = 0$, $\bar{z}_0 = 0$, а вторая — если центр входной антенны расположен в точке $y_0 = 0$, $\bar{z}_0 = 32.5$ мм. Угол φ между входной антенной и осью Oz меняется в пределах от 0 до угла отсечки ПМСВ на заданной частоте $|\varphi_{отс}|$.

Первая ситуация представлена в левой четверти нижней половины рисунка для $\varphi = -5^\circ$ и ПМСВ двух частот: 3200 МГц (точки 1 и 2; теория — сплошные линии) и 3790 МГц (точки 3 и 4; теория — штриховые линии). Точки 1 и 3 соответствуют максимальной амплитуде пучка ПМСВ, а точки 2 и 4 — амплитуде на 3 дБ меньшей. И теория, и эксперимент свидетельствуют о сильном „расползании“ пучка ПМСВ. Теория показывает, что из каждой точки входной антенны идет своя траектория ПМСВ, причем эти траектории криволинейные и с увеличением y расходятся (см. сплошные и штрихо-



вые линии), отклоняясь в сторону больших значений постоянного магнитного поля H_z [4]. На низких частотах отклонение происходит в различные от минимума поля H_z стороны, а на высоких частотах — в одну. Экспериментальное измерение профиля пучка ПМСВ на частоте 3200 МГц показывает, что с удалением от входной антенны он сначала расширяется, а затем распадается на два самостоятельных луча ПМСВ, ширина каждого из которых растет с увеличением y . Аналогичные измерения на частоте 3790 МГц показывают наличие только одного луча ПМСВ, распространяющегося в области сгущения теоретических кривых (см. штриховые линии), при этом его ширина периодически пульсирует с увеличением y . Формально описанная картина качественно похожа на обусловленную дифракционными явлениями, связанными с конечностью размеров входной антенны [8]. Угол, под которым расходятся лучи ПМСВ

на частоте 3200 МГц, связан с углом отсечки $|\varphi_{\text{отс}}|$, который в данном случае меняется в пространстве из-за неоднородности магнитного поля, и углом наклона антенны φ .

Вторая ситуация представлена в правой четверти нижней половины рисунка для $\varphi=32^\circ$ и ПМСВ с частотами 3790, 3890, 3980 и 4070 МГц (соответственно теоретические кривые – штриховая, пунктирная штрихпунктирная и сплошная, экспериментальные точки – 3, 5, 7, 6). Видно, что чем больше частота ПМСВ, тем при меньшем значении поля H_z происходит поворот траектории в сторону более высоких значений поля H_z и тем сильнее выгнута траектория пучка ПМСВ. При распространении ПМСВ луч сначала несколько расширяется, а затем начинает сужаться, его ширина имеет минимальное значение в точке поворота траектории, а затем растет до своего первоначального значения.

Все описанные выше особенности могут быть качественно объяснены из анализа изочастотных поверхностей в неоднородном магнитном поле и должны учитываться при создании устройств на ПМСВ, распространяющихся в неоднородном поле подмагничивания.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] A w a i J., I k e n o u e J. // J. Appl. Phys. 1980. V. 51. N 5. P. 2326-2331.
- [2] Б у р л а к Г.Н. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. № 24. С. 1476-1480.
- [3] Ка м е н е ц к и й Е.О., С о л о в ь е в О.В // ЖТФ. 1987. Т. 57. № 12. С. 2411-2414.
- [4] Ш е г л о в В.И. Тезисы докладов региональной конференции „Спинволновые явления электроники СВЧ“ (Краснодар, 1987), с. 7-8.
- [5] А л и е в Т.Д., Б е л о у с А.Т., Ш у б и н В.О. Там же, с. 9-10.
- [6] T s u t s u m i M., M a s a o k a Y., O h i g a T., K u m a g a i N. // IEEE Trans. 1981. V. MTT-29. N 6. P. 583-587.
- [7] З у б к о в В.И., Ш е г л о в В.И. // Радиотехника и электроника. 1972. Т. 17. № 2. С. 2590-2591.
- [8] В а ш к о в с к и й А.В., Г р е ч у ш к и н К.В., С т а л ь м а х о в А.В., Т ю л ь к и н В.А. // Радиотехника и электроника. 1988. Т. 33. № 4. С. 876-879.

Институт радиотехники
и электроники
АН СССР

Поступило в Редакцию
22 ноября 1988 г.