

## **Рассеяние магнитоэлектростатических волн на дефектах поверхности ферромагнитной пленки, намагниченной под произвольным углом**

*В магнитоэлектростатическом приближении решена дифракционная задача рассеяния магнитоэлектростатических волн от углубления на поверхности ферромагнитной пленки, намагниченной под произвольным углом. Получены аналитические выражения для магнитоэлектростатического потенциала, дисперсионные соотношения для случая, когда постоянное поле подмагничивания направлено под углом к ферромагнитной пленке. При нахождении плотности потока энергии рассеянных магнитоэлектростатических волн использованы: метод граничных возмущений для определения выражений поверхностной плотности магнитных зарядов и двойного слоя в плоскости неоднородностей; метод стационарной фазы для определения асимптотического выражения магнитоэлектростатического потенциала в дальней зоне.*

**Ключевые слова:** магнитоэлектростатические волны, дифракция волн

Основой ряда устройств на магнитоэлектростатических волнах (МЭВ) являются периодические структуры элементов, расположенных на пути распространения волны. Для получения требуемых характеристик устройств необходимо иметь возможность управлять распространением волны: отражать волну с малыми потерями, рассеивать волны и т.д. На основе отражательных структур можно создавать уникальные миниатюрные интегральные устройства обработки СВЧ сигналов [1, 2].

Если на пути распространения МЭВ имеется неоднородность (канавка, выступ, полоска из другого материала, проводящий слой), возникает рассеяние волны, поскольку падающая волна не удовлетворяет граничным условиям в области неоднородности. Представляют интерес численные расчеты по отражению волны через сильные одиночные дефекты, имеющие размеры порядка длины волны. В таких случаях волна испытывает сильное отражение и рассеяние, причем распределение энергии между прошедшей, отраженной и рассеянными волнами зависит от геометрии неоднородности и параметров среды. Располагая неоднородности периодически, можно добиться, например, того, чтобы отраженные волны складывались в фазе, а рассеянные гасились за счет интерференции с различными фазами. Таким образом, используя мелкие углубления, можно получать требуемое управление распространением волны.

Решение таких задач обычно начинают с анализа рассеяния падающей волны единичным локальным элементом. В докладе рассматривается теория отражения МЭВ от неглубокой неоднородности произвольной формы, расположенной на поверхности ферромагнитной пленки, намагниченной до насыщения под произвольным углом к ее поверхности, и результаты выполненных расчетов, представленные в виде угловых диаграмм.

Рассмотрим бесконечную плоскопараллельную намагниченную до насыщения ферромагнитную пленку (рис. 1) толщиной  $d$ . Вектор постоянного поля подмагничивания  $\vec{H}_0$  (рис. 2) находится в плоскости  $x-z$  под углом  $\theta$  к оси  $z$ . На поверхности пленки  $S$  профиль углубления описывается уравнением:

$$x(y, z) = \varepsilon d f(y, z), \quad \varepsilon = \frac{h}{d}, \quad |\varepsilon f(y, z)| \ll 1,$$

где параметр  $\varepsilon$  является малым действительным числом, а величина  $h$  – глубина неоднородности.

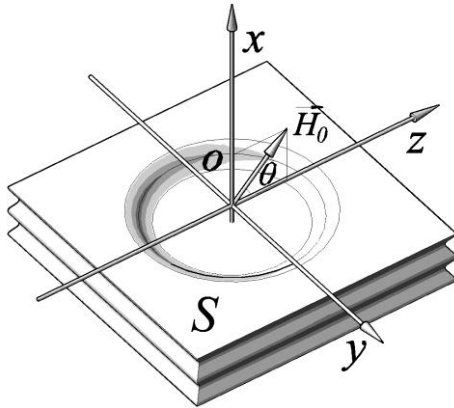


Рис.1. Неоднородность на поверхности ферромагнитной пленки.

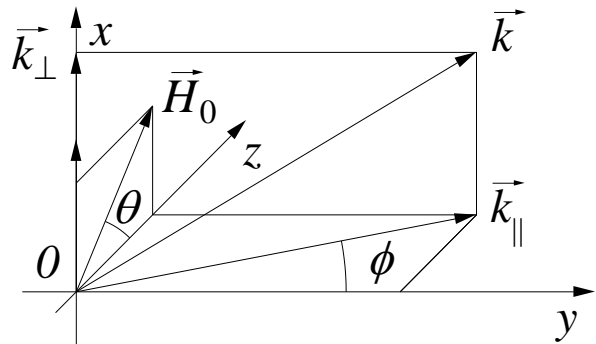


Рис. 2. Направления векторов поля подмагничивания и волнового вектора.

Если определить функцию потенциала [2-3] и положить, что она зависит от малого параметра  $\varepsilon$ :

$$\Psi(x, y, z) = \sum_{n=0}^{\infty} \Psi_n(x, y, z) \varepsilon^n,$$

то можно воспользоваться методом граничных возмущений [4]. Так как  $\varepsilon$  является параметром, то функции  $\Psi_n(x, y, z)$  можно рассматривать, как рассеянные волны  $n$ -го порядка.

На границе  $S$  для каждой моды  $\Psi_n(x, y, z)$  будут выполняться граничные условия непрерывности тангенциальной составляющей магнитного поля и нормальной составляющей магнитной индукции. Используя эти условия, можно определить аналитические выражения для плотности магнитных поверхностных зарядов и плотности двойного слоя магнитных зарядов и, соответственно, найти потенциал  $\varphi_s$ , создаваемый всеми вторичными источниками [5]. Тогда усредненная во времени плотность потока энергии [2] отраженной МСВ будет определяться следующим образом:

$$\bar{P} = -\frac{\omega}{8\pi} \operatorname{Re}(i \bar{\mu} \varphi_s^* \nabla \varphi_s),$$

где  $\bar{\mu}(\theta)$  – тензор магнитной проницаемости.

#### Библиографический список

1. Вашковский А.В., Локк Э.Г. // УФН. 2006. Т. 176. № 4 С.403.
2. Вашковский А. В. Стальмахов В.С., Шараевский Ю.П. // Саратов, 1993.
3. Zhu R.H., Peng H.Y., Zhang M.H., Chen Y.Q. // Physica B: Condensed Matter, 2009. -14-15 V. 404. P. 2086
4. Tuan H.S., Chang C.P. // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 1972, V. MTT-20, № 7. P. 472
5. Гольдберг Л.Б., // ЖТФ, 1986, Т. 56, № 10, С. 1983.