

05;09

## **Стохастическая неустойчивость траекторий поверхностных магнитостатических волн в ферритовой пленке, намагниченной модулированным полем с профилем "вала"**

© В.И. Зубков, В.И. Щеглов

Институт радиотехники и электроники РАН, Фрязино

Поступило в Редакцию 27 октября 2000 г.

Описан неисследованный ранее процесс стохастизации, возникающий при распространении поверхностных магнитостатических волн (ПМСВ) в ферритовых пленках, намагниченных периодически неоднородным полем с профилем в виде "вала". Установлены вид траектории ПМСВ и фазовый портрет процесса. Показано, что траектория ПМСВ становится неустойчивой и обрывается, если угол распространения ПМСВ становится больше угла отсечки.

В связи с разработкой систем аналоговой обработки информации [1] становится актуальным исследование распространения поверхностных магнитостатических волн (ПМСВ) в периодически меняющихся магнитных полях [2–6], в частности в полях, периодически зависящих от координат [5,6]. Одновременно в физике растет интерес к процессам, проявляющим стохастические свойства [7]. Примером являются хаотические колебания детерминированной системы, возникающие при периодическом воздействии, заключающемся в изменении параметров системы во времени. Однако такие процессы должны быть возможны и при изменении параметров системы в зависимости от координат. Ниже, как пример такой возможности, приведены результаты изучения стохастических свойств ПМСВ, распространяющихся в ферритовой пленке (ФП), намагниченной неоднородным полем с профилем в виде "вала", характеристики которого периодически меняются в пространстве. Возможность реализовать в эксперименте такой процесс следует из [5,6].

Из [8,9] известно, что траектории ПМСВ в ФП, намагниченных неоднородным полем  $H_g$  типа "вала", представляют собой пространственный колебательный процесс относительно координаты, параллельной оси "вала". Пусть координатная плоскость  $OYZ$  совпадает с плоскостью ФП, а ось  $Ox$  ей перпендикулярна.

Рассмотрим ПМСВ с частотой  $\omega = 2\pi f$ , волновой вектор  $\mathbf{k}$  и групповая скорость  $\mathbf{v}$  которой направлены под углами  $\varphi$  и  $\psi$  к оси  $Oy$ . ПМСВ распространяются в плоскости ФП внутри выделенного по оси  $Oy$  канала по траекториям, близким к синусоидальным "пилам" [8,9], если угол  $\varphi$  в точке возбуждения  $\varphi_0$  меньше угла отсечки  $\varphi_c$ . Исследуем трансформацию траекторий ПМСВ при периодическом воздействии, состоящем в модуляции подмагничивающего поля с профилем "вала". Поле  $H_g$  вдоль оси  $Oz$  в отсутствие модуляции имеет вид

$$H_g = 4\pi M_0 [T - F(z - S)^2], \quad (1)$$

где  $M_0$  — намагниченность насыщения ФП,  $T$ ,  $F$ ,  $S$  — параметры поля с профилем "вала", из которых первый характеризует его высоту, второй — крутизну склонов и третий — сдвиг вершины вдоль  $Oz$ .

Пусть модуляция поля  $H_g$  происходит по закону

$$R = R_0 + R_m = R_0 + R_{m0} \sin(2\pi R_r y), \quad (2)$$

где  $R = T$ ,  $F$ ,  $S$ , а  $R_0$  — постоянная и  $R_m$  — переменная части параметра,  $R_{m0}$  — амплитуда и  $R_r$  — частота модуляции. ПМСВ, распространяющиеся в таком поле  $H_g$ , испытывают периодическое воздействие, приходящееся на разные участки траекторий. При этом вместо устойчивого синусоидального характера траектория ПМСВ становится неустойчивой, что проявляется в хаотических скачках амплитуды, частоты и фазы. Если при скачке фазы угол  $\varphi$  превышает угол отсечки  $\varphi_c$ , то траектория обрывается. Явления стохастизации проявляются тем сильнее, чем больше глубина модуляции.

Рассмотрим, например, траектории ПМСВ  $z(y)$  в поле  $H_g$  с профилем "вала", у которого модулируется только крутизна склонов  $F$ , изменяющаяся по закону, описываемому формулой (2), где  $F_0 = 4 \text{ см}^{-2}$ ,  $F_{m0} = 2 \text{ см}^{-2}$ ,  $F_r = 3.57 \text{ см}^{-1}$ , а  $T = 0.25$  и  $S = 0 \text{ см}$ . Будем считать, что ФП является пленкой из железиттриевого граната (ЖИГ), которая обычно используется в экспериментах [1,5,6,8]. При расчетах толщина пленки ЖИГ взята равной  $15 \mu\text{м}$ , а ее намагниченность насыщения

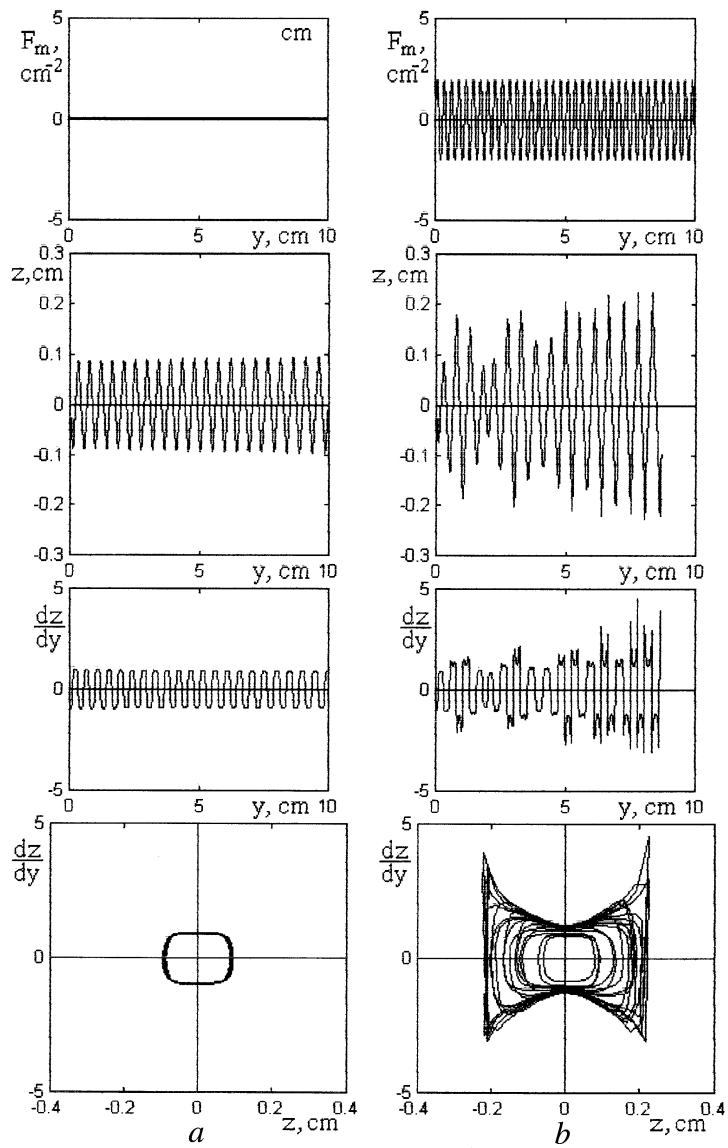


Рис. 1. Траектории ПМСВ и их свойства.

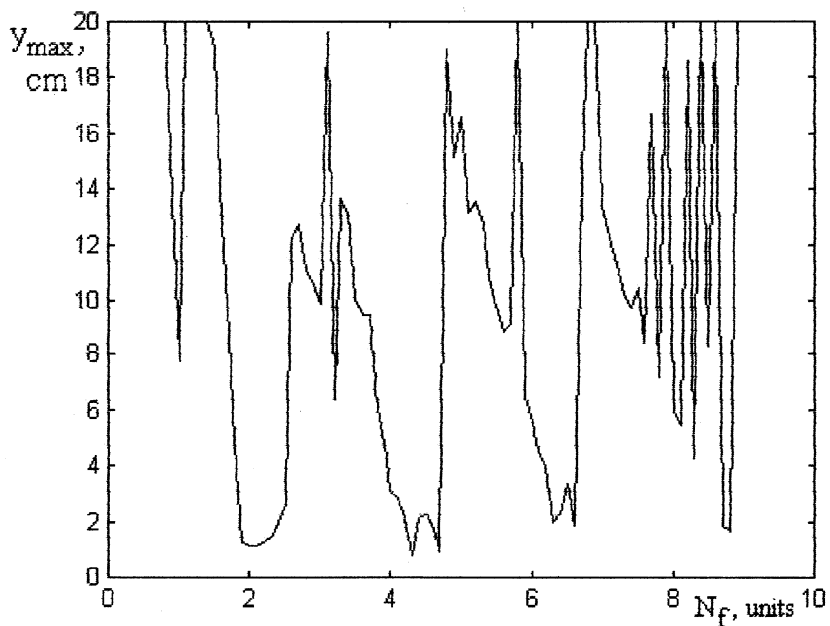


Рис. 2. Зависимость длины траекторий от частоты модуляции.

$4\pi M_0 = 1750$  Gs. ПМСВ возбуждаются в точке  $y = 0$  cm,  $z = 0$  cm под углом  $\varphi_0 = 30^\circ$ .

На рис. 1 показаны: изменение модулированной части поля  $F_m$ , траектории ПМСВ  $z(y)$ , их производные  $dz/dy$ , а также фазовые портреты колебаний (зависимости  $dz/dy$  от  $z$ ). В отсутствие модуляции (колонка *a* на рис. 1) траектория ПМСВ и ее производная имеют строго периодический, близкий к синусоидальному характер, а фазовая траектория описывает один и тот же цикл. При наличии модуляции (колонка *b*) амплитуда траектории ПМСВ и ее производной испытывают хаотические скачки, а фазовая траектория каждый новый оборот совершает по-иному и фазовый портрет размывается. При  $y = 8.687$  cm траектория ПМСВ обрывается.

На рис. 2 показана максимальная длина траекторий ПМСВ  $y_{\max}$  для разных частот модуляции  $F_r$ . При этом  $N_f = F_r/P_{m0}$ , где

$P_{m0} = 2.1 \text{ см}^{-1}$  — пространственная частота траекторий ПМСВ в отсутствие модуляции. Сильная изрезанность зависимости  $y_{\max}$  от  $F_r$  отражает пространственный синхронизм траекторий ПМСВ и поля  $H_g$ . Величина  $y_{\max}$  минимальна, когда период ПМСВ равен целому числу периодов модуляции, причем наиболее глубокие минимумы соответствуют их четному числу (2, 4, 6, 8). Так, при  $N_f = 1$  длина траектории ПМСВ равна 7.5 см, при  $N_f = 2$  — 1.5 см, при  $N_f = 3$  — 6.8 см, при  $N_f = 4$  — 1.2 см, при  $N_f = 5$  — 12.2 см, при  $N_f = 6$  — 4 см. В промежутках между этими значениями длина траекторий ПМСВ может достигать  $\approx 20$  см. В этих случаях траектория ПМСВ пересекает вершину "вала" всего черыре-пять раз. При  $N_f > 8$  вплоть до  $N_f = 15$  минимумы  $y_{\max}$  обнаружены не были.

Описанная стохастическая неустойчивость траекторий ПМСВ наблюдается также при модуляции высоты и сдвига вершины "вала".

## Список литературы

- [1] Adam J.D. // Proc. of IEEE. 1988. V. 76. N 2. P. 159–170.
- [2] Преображенский В.Л., Фетисов Ю.К. // Изв. вузов. Физика. 1988. Т. 31. № 11. С. 54–66.
- [3] Коровкин В.Ю. // ЖТФ. 1993. Т. 63. № 9. С. 115–121.
- [4] Фетисов Ю.К. // ЖТФ. 1994. Т. 64. № 8. С. 76–82.
- [5] Вороненко А.В., Герус С.В., Харитонов В.Д. // Изв. вузов. Физика. 1988. Т. 31. № 11. С. 76–85.
- [6] Анненков А.Ю., Герус С.В., Сотников И.В. // РиЭ. 1992. Т. 37. № 8. С. 1371–1380.
- [7] Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л. // УФН. 1999. Т. 169. № 1. С. 7–38.
- [8] Зубков В.И., Локк Э.К., Щеглов В.И. // РиЭ. 1990. Т. 35. № 8. С. 1617–1623.
- [9] Ваишковский А.В., Зубков В.И., Локк Э.Г., Щеглов В.И. // РиЭ. 1995. Т. 40. № 2. С. 313–321.