

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 φ и ψ к оси Oy . ПМСВ распространяются в плоскости ФП внутри выделенного по оси Oy канала по траекториям, близким к синусоидальным "пилам" [8,9], если угол φ в точке возбуждения φ_0 меньше угла отсечки φ_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 φ превышает угол отсечки φ_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

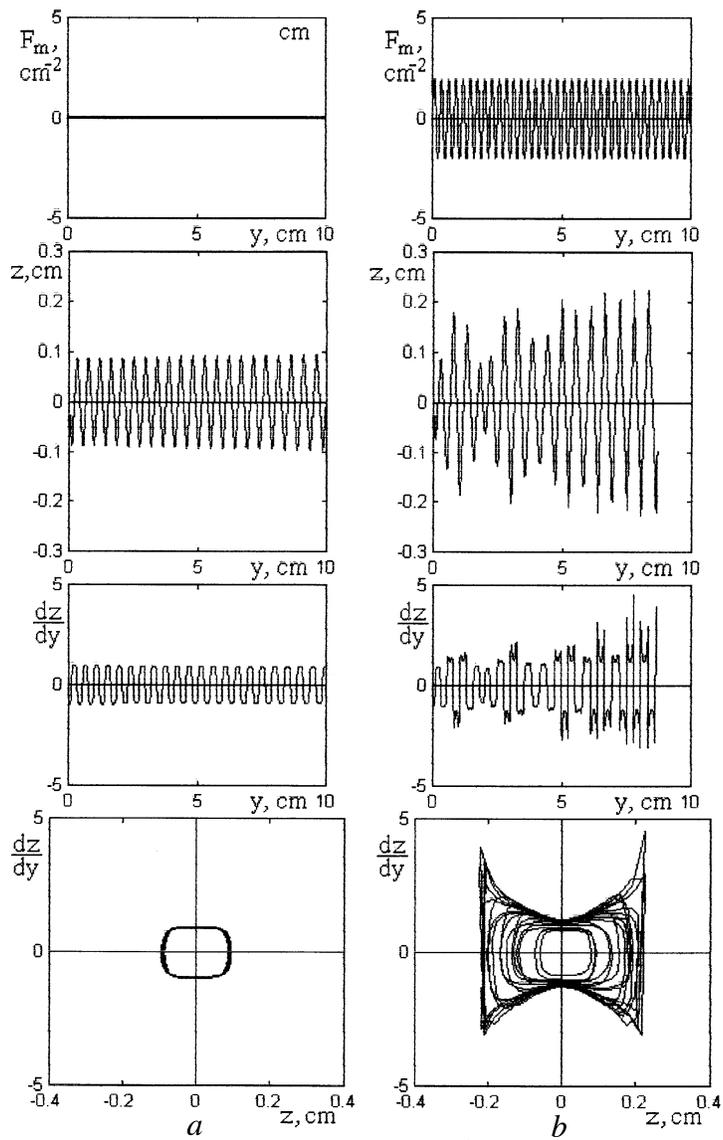


Рис. 1. Траектории ПМСВ и их свойства.

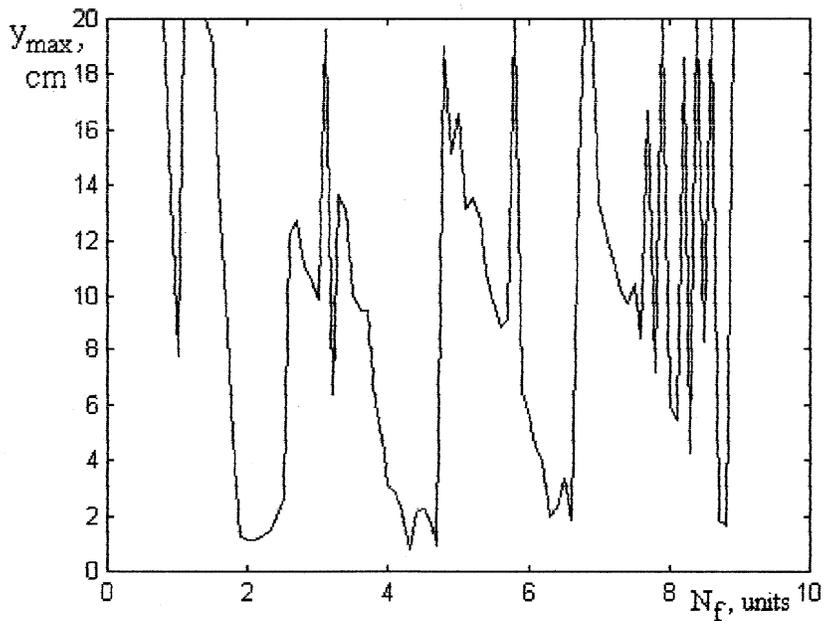


Рис. 2. Зависимость длины траекторий от частоты модуляции.

$4\pi M_0 = 1750$ 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 ≈ 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.