

**Е.Н. Бегинин<sup>1</sup>, С.А. Никитов<sup>1,2</sup>, Д.В. Романенко<sup>1</sup>,  
В.В. Типикин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского

<sup>2</sup> Саратовский филиал Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН

## **Фрактальная волноведущая структура на основе ферритовой пленки**

*В статье описываются результаты теоретического и экспериментального исследования характеристик распространения поверхностных магнитостатических волн в ферритовой пленке с фрактальной структурой на поверхности.*

**Ключевые слова:** магнитостатические волны, фрактальная структура

В области сверхвысоких частот аналогами фотонных кристаллов являются магнонные кристаллы – структуры, созданные на основе магнитных материалов [1], в которых распространяющимися волнами являются спиновые волны (магноны). В этой связи актуальной фундаментальной задачей является исследование электродинамических характеристик планарных волноведущих структур на основе магнонных кристаллов. Актуальность такой задачи обусловлена возможностью улучшения характеристик существующих и построения новых устройств обработки информации СВЧ-диапазона.

Цель данной работы – изучение свойств планарных волноведущих структур на основе ферритовых пленок с квазипериодической (фрактальной) вариацией толщины пленки вдоль направления распространения магнитостатической волны (МСВ).

Экспериментально исследовались одномерные фрактальные структуры типа Фибоначчи (СФ), сформированные на поверхности пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ) методом фотолитографии с последующим травлением поверхности на глубину  $\Delta$ . СФ строились по известным алгоритмам [2]. Исследуемая СФ была получена на основе итерационной последовательности вида  $F_{j+1} = \{F_{j-1}F_j\}$ , где  $j$  – номер итерации,  $F_0 = \{a_2\}$ ,  $F_1 = \{a_1\}$ ,  $a_1$  – ширина непротравленного участка ферритовой пленки толщиной  $d_1$ ,  $a_2$  – ширина канавки с толщиной пленки  $d_2 = d_1 - \Delta$ . Для исследования передаточных характеристик СФ в СВЧ-диапазоне радиоволн использовался макет линии задержки с микрополосковыми антеннами (расстояние между антеннами 5 мм) и размещенной между ними СФ. Макет с СФ помещался в постоянное магнитное поле ориентированное параллельно канавкам СФ и микрополосковым антеннам.

В данной конфигурации в волноводе с СФ возбуждались поверхностные МСВ (ПМСВ). Экспериментально исследовались передаточные характеристики СФ ( $j=8$ ) с параметрами: намагниченность насыщения ЖИГ  $M_0 = 140$  Гс,  $d_1 = 7.7$  мкм,  $d_2 = 5.9$  мкм,  $a_1 = 130$  мкм,  $a_2 = 150$  мкм, магнитное поле  $H_0 = 250$  Э. На рис.1 представлены результаты измерения частотных зависимостей коэффициента ослабления  $G(f)$ - (рис.1а) и группового времени задержки  $\tau(f)$  (рис.1б) ПМСВ. На зависимостях  $G(f)$  наблюдались четыре частично запрещенные зоны, перестраиваемые

величиной внешнего магнитного поля  $H_0$ . При этом относительное положение зон в частотном спектре возбуждения ПМСВ не изменялось. Частотная ширина запрещенных зон  $\Delta f$ , измеренная по их краям, составляла величину порядка 40-50 МГц и менее. Величина групповой задержки  $\tau$  изменялась от 40 нс в начале спектра ПМСВ до 100 нс в высокочастотной области. При этом на краях запрещенных зон наблюдалось резкое увеличение времени задержки  $\tau$  с пиковыми значениями порядка 120 нс.

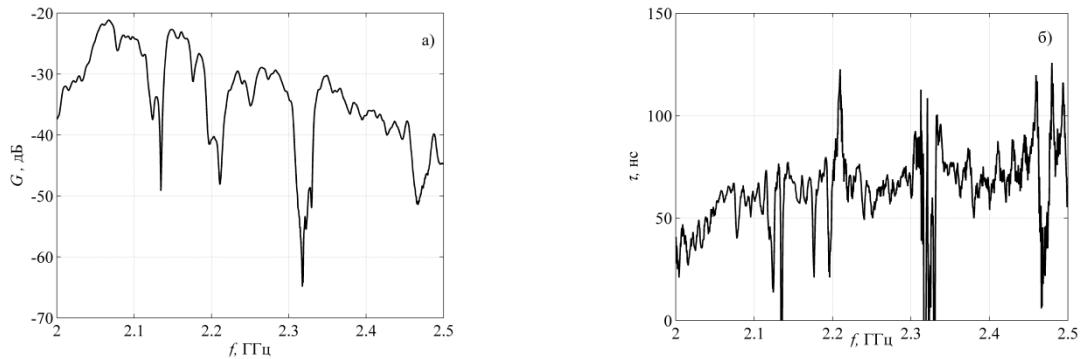


Рис. 1

Теоретически характеристики распространения ПМСВ в СФ исследовались на основе метода матриц передачи, позволяющего найти частотные зависимости комплексного коэффициента прохождения  $T(f)$  и времени задержки  $\tau(f)$  ПМСВ. На рис. 2 показаны результаты расчета  $|T(f)|$  – (рис.2а) и  $\tau(f)$  – (рис.2б) при аналогичных параметрах СФ с учетом потерь на распространение ПМСВ в ЖИГ. Видно, что наблюдается количественное и качественное соответствие экспериментальных и теоретических результатов.

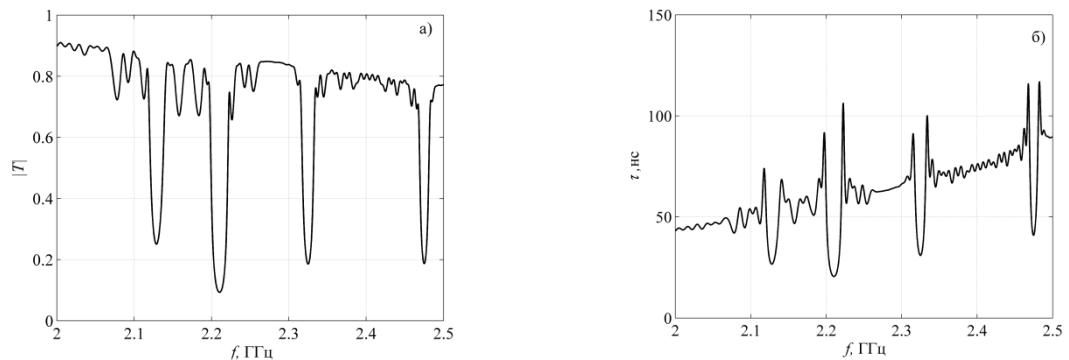


Рис. 2

Существенным отличием рассмотренных фрактальных структур от периодических, является возможность управления числом запрещенных зон в заданном интервале частот МСВ (зависит от числа шагов итераций  $j$  и геометрических размеров). Фрактальная структура может быть использована для создания линейных перестраиваемых фильтров с несколькими частотами режекции СВЧ-сигнала. Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ (ГК11.Г34.31.0030).

#### Библиографический список

1. Nikitov S.A. Spin waves in periodic magnetic structures / S.A. Nikitov, Ph. Taihades, C.S. Tsai // J. Magn. Mater. 2001. Vol. 236. No. 3. P. 320.
2. Albuquerque E.L. Theory of elementary excitations in quasiperiodic structures/ E.L. Albuquerque, M.G. Cottam// Physics Reports. 2003. Vol. 376. Pp. 225–337.