

Миниатюрные фильтры СВЧ на спиновых волнах

Н.Г. Ковшиков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований миниатюрных фильтров СВЧ на спиновых волнах в линейном и нелинейном режиме. Показана возможность создания фильтров объемом менее 1 см^3 .

Ключевые слова: Спиновые волны, фильтры СВЧ, пленки железо-иттриевого граната, микрополосковые преобразователи спиновых волн

1. Введение

Полосно-пропускающие фильтры на основе объемных и пленочных ферритовых материалов находят широкое применение в радиоэлектронике СВЧ. Основной особенностью ферритовых фильтров является возможность электрической перестройки в широком диапазоне частот. Необходимым элементом ферритовых фильтров является магнитная система, которая определяет габариты и вес фильтров. В свою очередь размеры и вес магнитной системы зависят от размеров ферритовой структуры, которая определяет необходимый объем области магнитного поля. Поэтому уменьшение размеров ферритовой структуры фильтра представляется актуальной задачей. При уменьшении размеров ферритовой структуры возникает ряд проблем ухудшающих характеристики фильтров.

По принципу действия и виду ферритовой структуры рассматриваемые фильтры можно разделить на две группы: фильтры на объемных или пленочных ферритовых резонаторах и фильтры на основе возбуждения, распространения и приема спиновых волн в пленочных ферритовых материалах. Основным материалом для таких фильтров является монокристаллический железо-иттриевый гранат. Характеристики обеих групп фильтров как серийных, так и опытных образцов представлены, например, в [1, 2]. Согласно этим данным объем фильтров с магнитной системой находится в пределах $15 - 150 \text{ см}^3$ в зависимости от частотного диапазона.

2. Экспериментальные результаты

В данной работе представлены результаты разработки и исследования полосно-пропускающих фильтров на спиновых (магнитостатических) волнах. Основной целью работы было уменьшение размеров, как ферритовой структуры, так и микрополосковых преобразователей спиновых волн и подводящих линий. Микрополосковая структура была сформирована на подложке из поликора длиной 5мм, шириной 1,5 мм. Двухэлементные преобразователи спиновых волн располагались на малом расстоянии 0,5 мм друг от друга. Это позволило уменьшить время задержки и потери на распространение спиновых волн. Несмотря на малое расстояние между преобразователями удалось уменьшить прямую электромагнитную наводку между входом и выходом до -30 - -40 дБ. Спиновый волновод размером 1,2 x 0,5 мм из монокристаллической пленки железо-иттриевого граната толщиной от 3 до 10 мкм накладывался на преобразователи. Простейшая магнитная система из двух намагниченных ферритовых вкладышей без магнитопровода общим объемом менее 1 см^3 обеспечивала магнитное поле около 1200 Э и центральную частоту фильтра 5 ГГц. Полоса пропускания зависела от размеров преобразователей и толщины ферритовой пленки и менялась от 70 до 250 МГц. Прямоугольность характеристик исследованных

фильтров на уровне -30 дБ была в пределах 2 -2,5.

Потери в полосе пропускания зависели от толщины и параметра диссипации магнитной пленки, потерь в преобразователях и согласования. Как показали измерения, значительный вклад в общее затухание в пределах -7 – -12 дБ внесли потери в микрополосковой структуре, что обусловлено несовершенством технологии при изготовлении опытного образца структур.

Для оценки динамического диапазона фильтров были выполнены измерения амплитудно-частотных характеристик фильтров при различных уровнях мощности. При увеличении мощности наблюдается возникновение дополнительного (нелинейного) затухания спиновых волн. Этот процесс связан с, так называемым, четырехволновым распадом исходной поверхностной волны (см., например, [3]). Как показали экспериментальные исследования в [4], этот процесс происходит вблизи входного преобразователя, а типичные пороговые мощности составляют несколько милливатт. В исследованных фильтрах на пленке толщиной 5 мкм измеряемое увеличение затухания начинается при мощности 6 мВт, а при мощности 10 мВт дополнительное затухание составляет около -2 дБ.

3. Заключение

Проведенные исследования показали возможность создания миниатюрных фильтров СВЧ с общим объемом менее 1 см³, малогабаритной магнитной системой и достаточно простой конструкцией микрополосковой и ферритовой структуры. Вполне вероятно, что такие фильтры будут перспективны для применения на фиксированные частоты, а не только как перестраиваемые.

Список литературы

1. Дубовой, В. А. Исследование и изготовление опытных образцов перестраиваемых фильтров на ферритовых резонаторах с микрополосковыми выводами диапазона частот 400 – 4000 МГц/ В. А. Дубовой, [и др.]// Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей IV Всероссийской конференции, — 2015. — Т 2. — Санкт-Петербург. — С. 96—100.
2. Фирсенков, А.И. Ферритовые СВЧ фильтры с электронной перестройкой полосы пропускания в широком диапазоне частот/ А.И.Фирсенков, [и др.]// Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей IV Всероссийской конференции, — 2015. — Т 2. — Санкт-Петербург. — С. 104 – 108.
3. Казаков, Г.Т. Четырехмагнотный распад поверхностных магнитостатических волн в пленках железо-иттриевого граната. ФТТ, Г.Т. Казаков, [и др.] // — 1997. — Т.39. — №2. — С.330-338.
4. Ковшиков, Е.Н. Экспериментальное исследование нелинейного затухания поверхностных спиновых волн в пленках железо-иттриевого граната/ Е.Н. Ковшиков. // Сборник трудов 18-й международной школы-семинара «Новые магнитные материалы микроэлектроники» — 2002. — Москва. — С.784—786.