

Устройства частотной селекции на основе кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии

Н.Ю. Сазоненко, Э.Ю. Седышев

СПбГУТ

Аннотация: в данной работе рассматривается кольцевой резонатор на микрополосковой линии. Исследуется зависимость частотной характеристики резонатора от геометрических размеров кольца и эквивалентных параметров. Проведено исследование устройств частотной селекции на основе кольцевого эллиптического резонатора.

Ключевые слова: СВЧ, резонатор, кольцевой резонатор, микрополосковая линия, фильтры, частотная селекция

В последнее время в области электроники СВЧ проявляется повышенный интерес к планарным структурам, которые заменят объемные устройства. На данный момент самой распространенной планарной структурой резонатора является обычный шлейф. Перспективной областью является разработка различных конструкций резонаторов, которые будут обладать высокой добротностью, так как резонаторы могут использоваться при создании устройств генерации, частотной селекции, деления мощности и т.д.

Добротность является основной характеристикой резонатора и зависит от геометрии его структуры. Для получения резонаторов высокой добротности следует минимизировать число неоднородностей, через которые проходит волна. Кольцо является оптимальной формой для проектирования резонаторов в диапазоне СВЧ.

Предметом данного исследования является кольцевой эллиптический резонатор на микрополосковой линии. В учебной версии программы Компас-3D была построена модель исследуемого резонатора (рисунок 1).

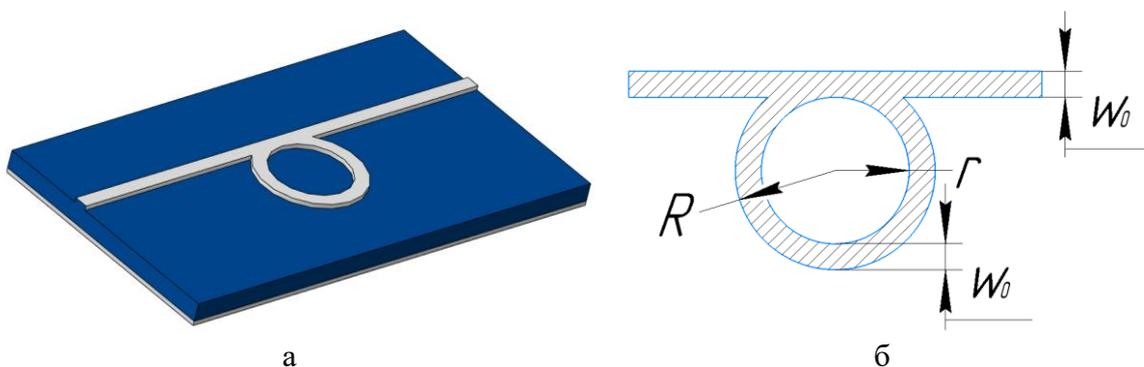


Рисунок 1. Модель кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии.

Кольцевой эллиптический резонатор на микрополосковой линии (рисунок 1а) представляет собой металлизированное кольцо, которое связано с питающей линией гальванической связью.

На рисунке 1б представлен чертеж резонатора с указанием его геометрических размеров. Размер кольца и резонансная частота напрямую зависят друг от друга.

Резонансная частота эллиптического резонатора, учитывающая геометрию

структуры, находится по формуле:

$$f_{рез1} = \frac{c}{\lambda\sqrt{\epsilon}}, \quad (1)$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны, которая зависит от геометрии структуры; ϵ – диэлектрическая проницаемость материала подложки.

Длина волны напрямую связана с длиной кольца рассчитывается по формуле:

$$l_{cp} = n\lambda, \quad (2)$$

где l_{cp} – длина окружности по средней линии, $n = 1, 2, 3 \dots$

Резонансная частота, обусловленная эквивалентными параметрами кольцевого резонатора, рассчитывается по формуле:

$$f_{рез2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (3)$$

где L и C – эквивалентная индуктивность и емкость эллиптического резонатора.

Для проведения эксперимента был создан макет (рисунок 2а). В результате проведенного эксперимента была получена АЧХ в диапазоне 2-4 ГГц, характеристика представлена на рисунке 2б. Виден ярко выраженный резонанс на частоте 3,54 ГГц со значением ослабления порядка 30 дБ.

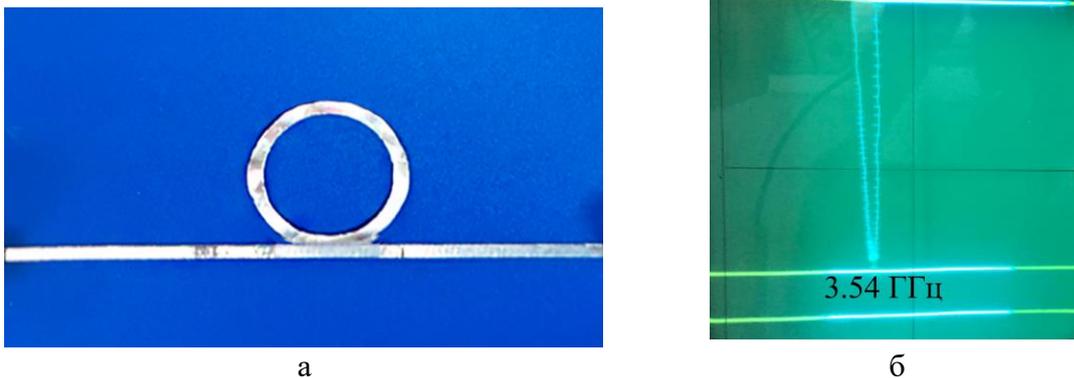


Рисунок 2. Макет исследуемого кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии (а) и экспериментальная АЧХ резонатора (б).

Сравнение расчетных результатов и результатов эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение расчетных и экспериментальных данных

R , мм	w_0 , мм	l_{cp} , мм	$f_{рез1}$, ГГц	$f_{рез2}$, ГГц	$f_{экспер}$, ГГц	A_{max} , дБ
2	3	6,28	2,02	2,72	3,54	-29

Из таблицы 1 видно, что режекция одного кольца сравнима с шлейфной структурой 3..4 порядка.

Далее для проверки того, что данная структура подходит для устройств частотной селекции был создан макет полосно-пропускающего фильтра на кольцах. Макет представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Макет исследуемого полосно-пропускающего фильтра на кольцах.

Характеристика на индикаторе панорамного измерителя оправдала наши ожидания. В полосе пропускания ослабление составило порядка 3 дБ, а режекция фильтра составляет 30 дБ. Экспериментальная АЧХ приведена на рисунке 4.

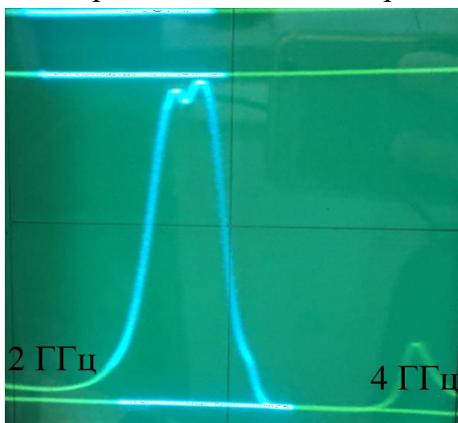


Рисунок 4. АЧХ исследуемого полосно-пропускающего фильтра на кольцах.

Вывод: в результате проведенного исследования удалось доказать работоспособность кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии, а также возможность построения на нем фильтров различных типов. Также доказано, что добротность резонатора бегущей волны позволяет синтезировать на нем прецизионные фильтры СВЧ.

Список литературы

1. Бахараев С.И., Вольман В.И., Либ Ю.Н. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М.: Радио и связь, 1982. 328 с.
2. Гвоздев В.И., Нефедоров Е.И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.
3. Седышев Э.Ю., Селиверстов Л.А. Микроволновый фильтр на кольцевом эллиптическом резонаторе // Проектирование и технология электронных средств. 2018. Выпуск 61. № 1. С. 52-56.
4. Бочаров Е.И., Рыбалко И.А., Седышев Э.Ю., Селиверстов Л.А., Сикора Г.Р. Устройства частотной селекции и стабилизации частоты на эллиптических резонаторах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т. СПб.: СПбГУТ, 2018. С. 426–431.
5. Бочаров Е.И., Кондрашова М.А., Ракова К.А., Седышев Э.Ю., Тарасик К.Э. Кольцевые эллиптические резонаторы для СВЧ-устройств. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 688–692.