

Дёмочкин Андрей Игоревич,
инженер-конструктор,
АО ТНИИС г. Таганрог Ростовская область

Зикий Анатолий Николаевич,
старш. научн. сотрудн., канд. техн. Наук,
АО ТНИИС г. Таганрог Ростовская область

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОГО
ФИЛЬТРА НА ШПИЛЕЧНЫХ РЕЗОНАТОРАХ
С ЗАЗЕМЛЯЮЩИМИ ОТВЕРСТИЯМИ
MODELLING OF MICROSTRIP FILTER
ON HAIRPIN RESONATORS WITH GROUNDING HOLES**

Аннотация: Проведено моделирование микрополоскового фильтра на шпилечных резонаторах с заземляющими отверстиями в точке перегиба.

Моделирование проводилось в среде Microwave Office (MWO). Представлены принципиальная схема фильтра, модель из MWO, амплитудно-частотные характеристики в ближней и дальней зонах. Достигнуты следующие параметры фильтра:

- центральная частота полосы пропускания 1150 МГц;
- ширина полосы пропускания не менее 200 МГц;
- загораживание на удвоенной частоте ($2f_0$) не менее 25 дБ;
- загораживание при отстройке от центральной частоты на величину ± 250 МГц не менее 25 дБ;
- волновое сопротивление 50 Ом.

Abstract: Modelling of a microstrip filter on hairpin resonators with ground holes at the inflection point has been carried out.

Modelling was carried out in Microwave Office (MWO) environment. The principal circuit of the filter, the model from MWO, amplitude-frequency characteristics in the near and far zones are presented. The following filter parameters are achieved:

- centre frequency bandwidth of 1150 MHz;
- bandwidth not less than 200 MHz;
- barrier at double frequency ($2f_0$) not less than 25 dB;
- barrier at detuning from the centre frequency by ± 250 MHz not less than 25 dB;
- wave impedance 50 Ohm.

Ключевые слова: микрополосковый фильтр; полоса пропускания; резонатор; металлизированные отверстия; амплитудно-частотная характеристика; моделирование.

Keywords: microstrip filter; bandwidth; resonator; metallised holes; amplitude-frequency response; modelling.

Введение

Микрополосковые фильтры получили широкое распространение в технике СВЧ благодаря их компактности, технологичности, высокой повторяемости. Их исследованию посвящено значительное число публикаций, в том числе монографии [1, 2], учебные пособия [3], статьи [4-6], диссертации [7], однако публикаций, посвящённых шпилечным фильтрам с заземлённой точкой перегиба сравнительно мало [7], поэтому тема данной работы является актуальной.

Целью данной работы является моделирование шпилечного фильтра с заземлённой точкой перегиба в САПР Microwave Office. Ранее такое исследование не проводилось.



К фильтру предъявляются следующие требования:

- центральная частота полосы пропускания f_0 1150 МГц;
- ширина полосы пропускания 200 МГц;
- загораживание на удвоенной частоте ($2f_0$) не менее 25 дБ;
- волновое сопротивление 50 Ом;
- загораживание при отстройках от центральной частоты на величину ± 250 МГц не менее 25 дБ.

менее 25 дБ.

Схема и конструкция

Принципиальная схема исследуемого фильтра приведена на рисунке 1. Фильтр состоит из двух шпилечных резонаторов с заземлённой точкой перегиба. Входной и выходной соединители имеют частичное включение в резонатор.

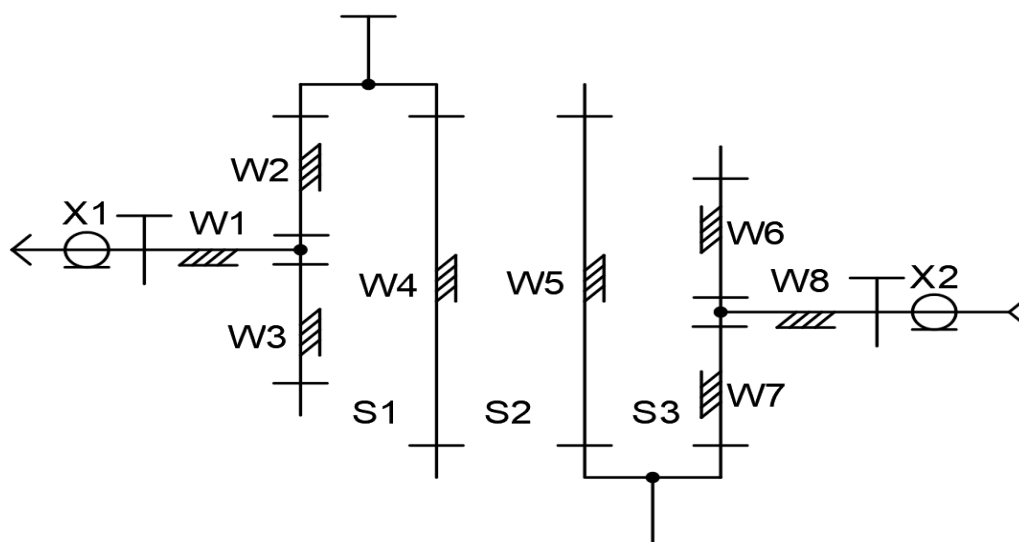


Рис. 1. Принципиальная схема фильтра на двух шпилечных резонаторах с заземлёнными точками перегиба

В таблице 1 приведены геометрические размеры микрополосковых линий. Они взяты из работы [7].

Моделирование

Моделирование фильтра проводилось в программе Microwave Office (MWO) [8]. Исходные данные для моделирования взяты из таблицы 1 [7]. Модель фильтра из MWO представлена на рисунке 2. На рисунке 3 можно видеть амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) фильтра в полосе от 1000 МГц до 4000 МГц. Из этого рисунка видно, что фильтр имеет ложную полосу пропускания на частоте 3500 МГц (третья гармоника основной частоты).

Таблица 1

Геометрические размеры фильтра

Позиционное обозначение на рисунке 1	Ширина, мм	Длина, мм	Наименование
W1, W8	0,885	10	Регулярная линия
W2, W7	1	5,1	Резонатор
W3, W6	1	15,3	Резонатор
W4, W5	1	25,5	Резонатор



S1	0,1	Зазор
S2	2,14	Зазор
S3	0,1	Зазор
t	1	Толщина подложки, мм
ϵr	10	Относительная диэлектрическая проницаемость

На рисунке 4 показана АЧХ фильтра в полосе от 900 МГц до 1400 МГц. Из этого рисунка видно, что центральная частота полосы пропускания равна 1150 МГц, ширина полосы пропускания составляет не менее 200 МГц. Затухание на нижнем скате при отстройке от центральной частоты на 250 МГц составляет 35 дБ, а на верхнем скате при такой же отстройке 28 дБ. Полученные численные результаты удовлетворяют требованиям к фильтру.

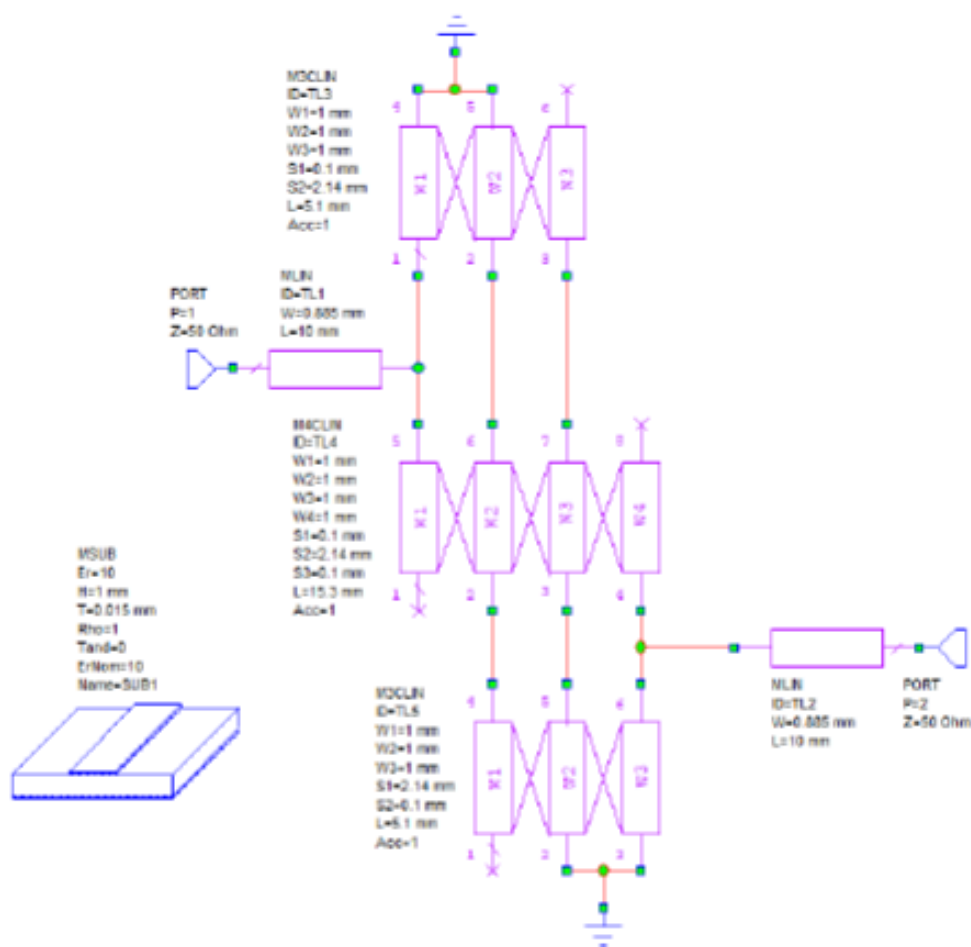


Рис. 2. Схема фильтра в MWO



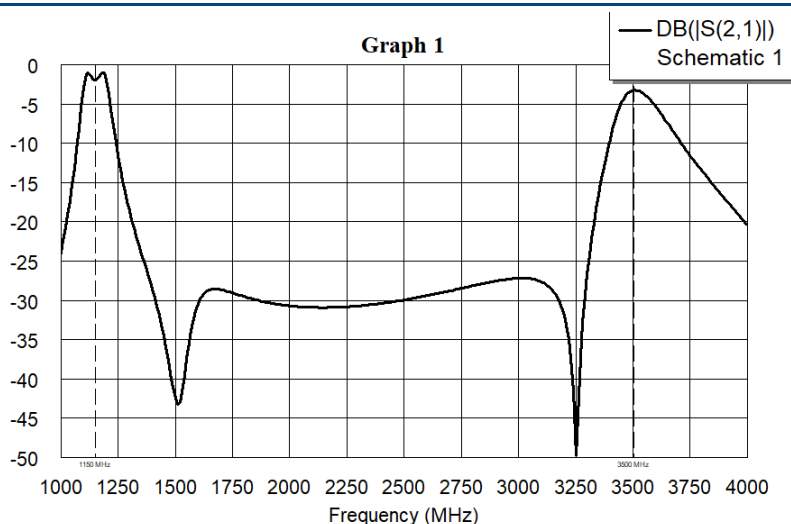


Рис. 3. АЧХ фильтра в полосе от 1000 до 4000 МГц

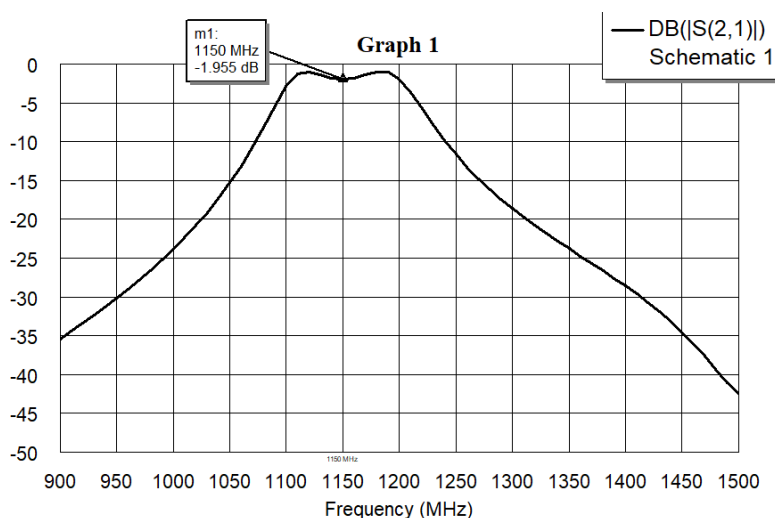


Рис. 4. АЧХ фильтра в полосе от 900 до 1500 МГц

Выводы

Ниже в таблице 2 приводится сравнение заданных и достигнутых параметров фильтра.

Таблица 2

Основные параметры фильтра

Наименование параметра, размерность	Задано	Модель
Центральная частота полосы пропускания, МГц	1150	1150
Ширина полосы пропускания на уровне минус 3 дБ от максимума	200	>200
Заграждение на частоте 900 МГц, дБ	25	35
Заграждение на частоте 1400 МГц, дБ	25	28
Заграждение на частоте $2f_0 = 2300$ МГц, дБ	25	30
Волновое сопротивление, Ом	50	50

Из этой таблицы видно, что все требования к фильтру выполняются. Фильтр рекомендуется использовать во входной цепи приёмника СВЧ.



Список литературы:

1. Миниатюрные устройства УВЧ и ОВЧ диапазонов на отрезках линий / Э.В. Зелях, А.Л. Фельдштейн, Л.Р. Явич, В.С. Брилон. – М.: Радио и связь, 1989. – 112 с.
2. Микроэлектронные устройства СВЧ / Бова Н.Т., Ефремов Ю.Г., Конин В.В. и др. Киев, Техніка, 1984. – 184 с.
3. Микроэлектронные устройства СВЧ. Под ред. Г.И. Веселова. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1988. – 280 с.
4. Зикий А.Н., Зламан П.Н. Моделирование двух микрополосковых фильтров сантиметрового диапазона. Известия ЮФУ, Технические науки, 2020, №5, с. 68-74.
5. Андрианов А.В., Быков С.А., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Микрополосковый фильтр на полуволновых резонаторах. Инженерный вестник Дона, 2017, №2.
6. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Зламан П.Н. Моделирование и экспериментальное исследование микрополоскового фильтра на полуволновых резонаторах. Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2016, том 12, №3, с. 32-35.
7. Харланов Д.В. Компактные фильтры СВЧ на базе микрополосковых шпилечных резонаторов с заземлёнными отверстиями. Диссертация к.т.н. Таганрог, ЮФУ, 2024.
8. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 496 с.

