

**МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ
С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЗАГРАЖДЕНИЯ***С.А. Ходенков, В.В. Иванин*

Рассмотрены конструкции микрополосковых полосно-пропускающих фильтров третьего, четвертого и пятого порядков с использованием нерегулярных резонаторов. Исследуемые сверхвысокочастотные (СВЧ) устройства обладают высокими частотно-селективными свойствами, в том числе широкими полосами заграждения.

Ключевые слова: микрополосковый фильтр, полоса заграждения.

Как известно, полосно-пропускающие фильтры являются важнейшими элементами современных радиотехнических систем космической связи, систем радиолокации и радионавигации. Одними из основных требований, предъявляемых к микрополосковым фильтрам, являются миниатюрность, технологичность и высокие частотно-селективные свойства, которые определяются в том числе и наличием у СВЧ-устройств широкой полосы заграждения с достаточным уровнем затухания мощности [1, 2].

В настоящей работе предложены конструкции микрополосковых полосно-пропускающих фильтров с широкой высокочастотной полосой заграждения и сильным подавлением мощности на ее частотах. Все селективные устройства разработаны с использованием подложек, имеющих одинаковую диэлектрическую проницаемость $\epsilon = 9,8$ и толщину $h = 1$ мм. Их амплитудно-частотные характеристики рассчитаны при помощи электродинамического численного анализа 3D-моделей. Настройка фильтров с полосковыми проводниками, обладающими осевой симметрией, осуществлялась «ручным» параметрическим синтезом, при котором подбираются их геометрические размеры. Для определенности при синтезе была задана центральная частота полосы пропускания конструкций $f_0 = 1$ ГГц. На рис. 1 представлены топологии полосковых проводников трехзвенного (рис. 1, а), четырехзвенного (рис. 1, б) и пятизвенного (рис. 1, в) фильтра. При этом каждый резонатор представляет собой полосковый проводник, размещенный с одной стороны диэлектрической подложки, который условно состоит из трех участков: двух узких параллельных отрезков полосковых проводников 1, 3, 5, заземляемых на основание со стороны свободных концов, соединенных друг с другом широким отрезком проводника 2, 4, 6 соответственно.

Благодаря нерегулярности резонаторов с заземленными на основание полосковыми проводниками можно расширить высокочастотную полосу заграждения так, чтобы она более чем в 3,5 раза превышала центральную частоту полосы пропускания f_0 (рис. 2). При этом очевидно, что полосу пропускания каждого фильтра формируют резонансы, количественно равные числу звеньев, т.е. по одному от каждого резонатора.

Как видно из вышеприведенного рисунка, полосы пропускания всех фильтров настроены на одинаковую относительную ширину $\Delta f/f_0 = 17\%$, измеренную по уровню -3 дБ от уровня минимальных потерь L_{\min} , которые составили для трехзвенного устройства $L_{\min} \approx 1,0$ дБ, четырехзвенного $- 1,3$ дБ, пятизвенного $- 1,7$ дБ.

Как и следовало ожидать, наращивание числа резонаторов в конструкциях приводит не только к росту крутизны склонов полосы пропускания, но и к уси-

лению подавления мощности на частотах полос заграждения, причем при нечетном количестве звеньев на АЧХ наблюдается дополнительный полюс затухания вблизи высокочастотного склона полосы пропускания.

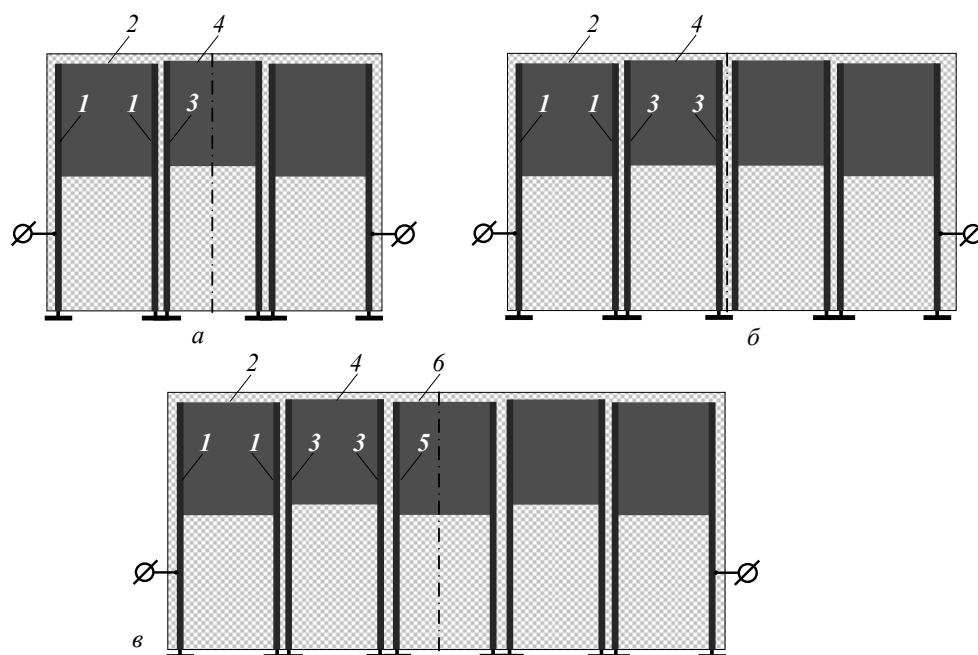


Рис. 1. Топология полосковых проводников фильтров: *а* – третьего порядка; *б* – четвертого; *в* – пятого

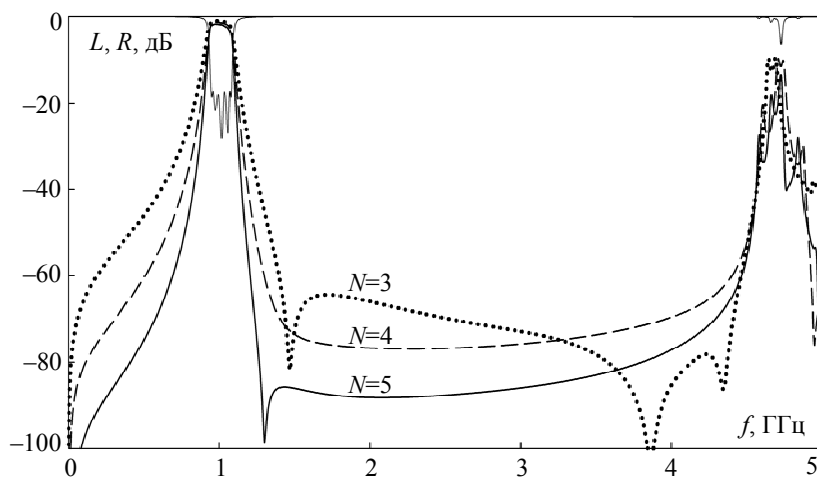


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики микрополосковых устройств. Точки – фильтр третьего порядка; штриховые линии – четвертого; сплошные линии – пятого

Конструктивные параметры разработанных частотно-селективных устройств приведены в таблице.

Таким образом, показана возможность значительного расширения высокочастотной полосы заграждения (не менее $3,5f_0$) в микрополосковых полосно-

пропускающих фильтрах за счет использования нерегулярных резонаторов. Высокие частотно-селективные свойства фильтров 3–5-го порядков также обусловлены сильным подавлением мощности в полосах заграждения, при этом дополнительно при нечетном количестве звеньев в устройствах на АЧХ наблюдается полюс затухания вблизи высокочастотного склона полосы пропускания.

Конструктивные размеры микрополосковых фильтров

Количество резонаторов в фильтре	Позиции отрезков полосковых проводников на рис. 1 и их площади, мм ²	Позиции полосковых проводников на рис. 1 и зазоры между ними, мм
3	1 – 18,10×0,35; 2 – 8,20×6,70; 3 – 18,30×0,35; 4 – 7,60×6,50	1 и 3 – 0,50
4	1 – 18,10×0,35; 2 – 8,20×6,70; 3 – 18,20×0,35; 4 – 7,50×6,50	1 и 3 – 0,50; 3 и 3 – 0,75
5	1 – 18,10×0,35; 2 – 8,20×6,70; 3 – 18,20×0,35; 4 – 7,50×6,50 5 – 18,10×0,35; 6 – 7,40×6,50	1 и 3 – 0,50; 3 и 5 – 0,80

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-5942.2014.8.

Литература

1. Бальва Я.Ф. Полосно-пропускающий фильтр со сверхширокой полосой заграждения и уровнем подавления помех более 100 дБ / Я.Ф. Бальва, А.М. Сержантов, С.А. Ходенков и др. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. Красноярск: СибГАУ, 2013. Вып. 3(49). С. 162–166.

2. Belyaev V.A. Miniature bandpass filter with a wide stopband up to $40f_0$ / V.A. Belyaev, A.M. Serzhantov, V.V. Tyurnev, A.A. Leksikov // Microwave and Optical Technology Letters. 2012. Vol. 54. P. 1117–1118.

УДК 621.391.244

ФОКУСИРОВКА ФРЕНЕЛЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

А.В. Каменев, Р.Н. Сатаров, В.П. Якубов

Проведено исследование влияния различных параметров, в частности пространственных размеров, положения точки фокуса и т.д., на фокусирующие свойства рефлектора Френеля. Предложен вариант использования плоского рефлектора Френеля для приема сверхширокополосных сигналов с использованием фильтрации Винера.

Ключевые слова: плоский рефлектор, зоны Френеля, СШП-сигналы, обратные задачи.

Проблема приема сверхширокополосных сигналов. Сверхширокополосные (СШП) сигналы отличаются очень широкой полосой занимаемых частот и, как правило, имеют форму импульсных сигналов. СШП-сигналы начинают все более широко применяться на практике – радиолокация, радиотомография, связь. Сдерживающим фактором является то, что практически вся радиоэлектроника