

**ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА  
НА ПОЛУВОЛНОВЫХ И ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫХ  
МИКРОПОЛОСКОВЫХ РЕЗОНАТОРАХ\***

Б.А. Беляев<sup>1,2,3</sup>, Я.Ф. Бальва<sup>3</sup>, Ан.А. Лексиков<sup>3</sup>,  
А.М. Сержантов<sup>1,2</sup>, С.А. Ходенков<sup>1</sup>, Т.Ю. Шумилов<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> *Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева,  
г. Красноярск, Россия*

<sup>2</sup> *Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия,*

<sup>3</sup> *Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия*

Проведено сравнение характеристик полосно-пропускающих фильтров, состоящих из двух взаимодействующих резонаторов, представляющих собой либо полуволновые, либо четвертьволновые отрезки микрополосковых линий передачи с одинаковыми ширинами полосковых проводников. В качестве подложек микрополосковых структур использованы пластины толщиной 0.5 мм из высокочастотной керамики ТБНС с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 80$ . Исследованы конструкции с максимальной длиной области связи резонаторов и максимальной величиной их связи с портами, имеющими волновое сопротивление 50 Ом. Фильтры настраивались подбором величины зазора между полосковыми проводниками так, чтобы в полосе пропускания максимальный уровень отражений был равен  $-20$  дБ. Численный электродинамический анализ 3D-моделей показал, что относительная ширина полосы пропускания фильтров на четвертьволновых резонаторах почти в 2 раза больше полосы пропускания фильтров на полуволновых резонаторах, и этот факт подтвержден результатами измерений. Обнаруженный эффект объясняется вдвое большим характеристическим сопротивлением четвертьволнового резонатора относительно полуволнового.

**Ключевые слова:** микрополосковый резонатор, коэффициент связи, эквивалентная схема, полосно-пропускающий фильтр, диэлектрическая подложка.

### Введение

Полосно-пропускающие фильтры, как известно, являются важнейшими элементами систем связи, радиолокации, радионавигации, измерительной и специальной радиоаппаратуры [1–4]. В настоящее время наиболее широкое распространение в радиотехнике получили микрополосковые фильтры благодаря многим своим достоинствам [1, 2, 5–8]. В частности, такие устройства технологичны в производстве [9–11], отличаются миниатюрностью [12–15], высокой надежностью, простотой и удобством в настройке [16–18], а также сравнительно низкой стоимостью. Важно отметить, что созданные конструкции микрополосковых фильтров перекрывают огромный диапазон частот – от десятков мегагерц до десятков гигагерц, при этом сравнительно просто реализуются устройства с относительной шириной полосы пропускания в пределах  $\sim 1$ –100% [19–22].

Простейшие конструкции микрополосковых фильтров представляют собой связанные полуволновые резонаторы с регулярными параллельными друг другу полосковыми проводниками [14, 17, 23]. При этом взаимодействие резонаторов можно регулировать не только величиной зазоров между проводниками, но и смещением проводников относительно друг друга вдоль осей, изменяя тем самым область связи резонаторов [24]. Существенно меньшие размеры имеют конструкции фильтров на четвертьволновых микрополосковых резонаторах (МПР), в которых один из концов полоскового проводника каждого МПР соединяется с экраном [23, 25].

При настройке многозвенного полосно-пропускающего фильтра на заданную центральную частоту и ширину полосы пропускания, а также установленный максимальный уровень отражений в ней необходимо скорректировать конструктивные параметры устройства [26–28]. В настроенном фильтре резонансные частоты всех резонаторов совпадают с центральной частотой полосы пропускания с учетом их взаимного влияния, а также обеспечен баланс связей не только между резонаторами друг с другом, но и крайних резонаторов с портами. На примере синтеза микрополоскового фильтра шестого порядка в работе [29] описан эффективный метод пошаговой коррекции па-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, государственное задание FEFE-2020-0013.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>