

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ РЕЖЕКТОРНЫЙ ФИЛЬТР НА ДВУХМОДОВОМ КОЛЬЦЕВОМ РЕЗОНАТОРЕ

Ганеев Р. Р.,

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Волошин А. С.

Сибирский федеральный университет

Режекторные СВЧ-фильтры наряду с полосно-пропускающими широко востребованы в различных системах связи, радиолокации и радионавигации. Эти конструкции необходимы в современных радиотехнических системах с большим числом используемых каналов связи, где предъявляются высокие требования к подавлению паразитных сигналов вне рабочего диапазона. Среди известных конструкций режекторных фильтров особое место занимают микрополосковые, которые при прочих равных технических характеристиках имеют меньшие габариты и более технологичны в изготовлении. Одним из способов миниатюризации является использование в конструкциях микрополосковых фильтров многомодовых резонаторов, а режекторные фильтры, содержащие многомодовые резонаторы, в настоящее время практически не изучены. Таким образом, разработка и проектирование миниатюрных режекторных фильтров на основе многомодовых резонаторов является важной и актуальной задачей.

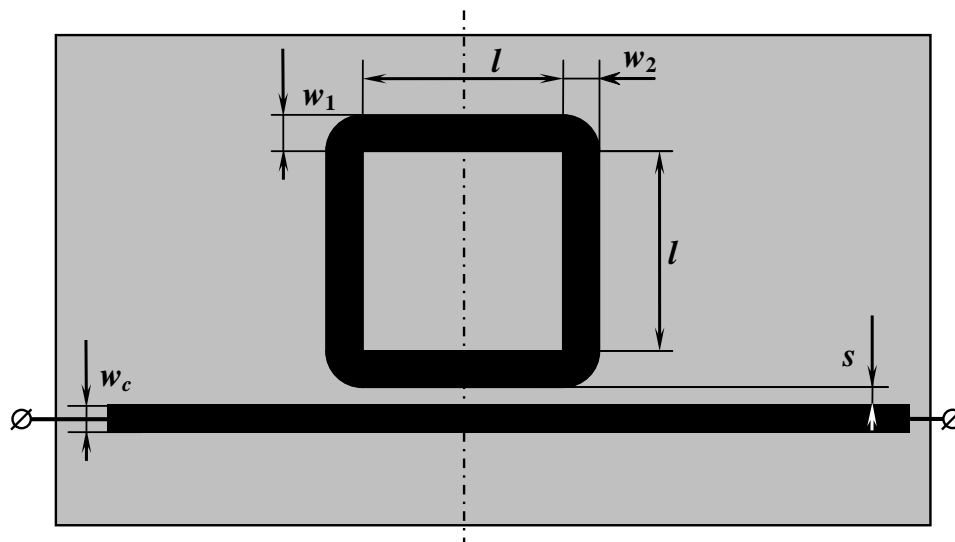


Рис. 1. Конструкция исследуемого режекторного фильтра с кольцевым резонатором.

В настоящей работе исследована конструкция микрополоскового режекторного фильтра, содержащего один двухмодовый резонатор. Чертеж конструкции представлен на рис. 1. Фильтр состоит из отрезка 50-омной микрополосковой линии передачи и кольцевого резонатора, полосковый проводник которого имеет форму нерегулярной рамки с квадратными внутренними размерами $l \times l$, при этом ширины образующих по горизонтали — w_1 , а по вертикали — w_2 . Резонатор связан с линией передачи через зазор величиной s . Вдоль периметра этой рамки на центральной частоте полосы заграждения укладывается целая длина волны, однако из-за нерегулярности ширины полоскового проводника существует две одноволновые моды колебаний, незначительно различающихся по частоте. Для одной из них пучности токов располагаются на горизонтальных участках рамки, а для другой — на вертикальных.

Исследование амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) рассматриваемого режекторного фильтра проводилось в электродинамическом модуле пакета программ

«Microwave Office». На рис. 2 представлены результаты расчета АЧХ исследуемого фильтра, настроенного на центральную частоту полосы заграждения $f_0 = 1.35$ ГГц и максимальный уровень обратных потерь в полосе $L_{\max} = -15$ дБ. Сплошной линией на рисунке показаны значения прямых потерь, а точками – обратных. Проведенный расчет показал, что вблизи полосы заграждения, которую формируют две волновые моды с частотами f_I и f_{II} , наблюдаются еще и два минимума обратных потерь на частотах f_{r1} и f_{r2} , которые при соответствующей настройке могут существенно повысить избирательность фильтра. Проведенные исследования показали, что величина зазора s влияет не только на уровень прямых потерь в полосе заграждения L_{\max} , но и на положение минимумов обратных потерь. При этом взаимодействие между модами, а, следовательно, и ширина полосы заграждения, определяется конструктивными параметрами w_1 и w_2 и s . Важно отметить, что габариты исследованного фильтра вдвое меньше, чем у известной микрополосковой конструкции режекторного фильтра [1,2], где используются полу-волновые шлейфы, разнесенные вдоль согласованной линии на четверть длины волны.

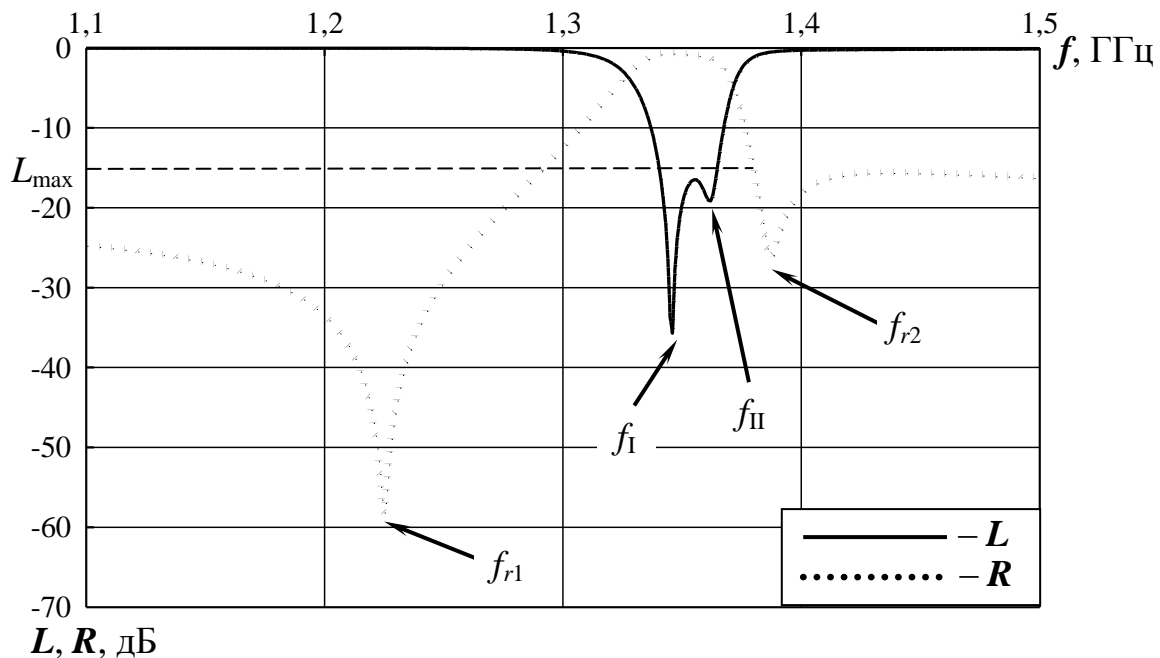


Рис. 2. АЧХ исследуемого режекторного фильтра, рассчитанная в электродинамическом модуле программы «Microwave Office»

Для проверки обнаруженных особенностей конструкции был изготовлен макет исследуемого фильтра на подложке из поликора ($\epsilon = 9.8$) толщиной 1 мм, в котором $w_1 = 0.9$ мм, $w_2 = 1.1$ мм, $w_c = 0.95$ мм, $s = 0.25$ мм и $l = 21.6$ мм. Фотография и измеренные амплитудно-частотные характеристики представлены на рис. 3. Черными точками на рисунке показаны результаты измерений обратных потерь, белыми – прямых. Видно, что результаты измерений хорошо согласуются с расчетом. Однако важно отметить, что в эксперименте наблюдается небольшой сдвиг полосы пропускания фильтра и минимумов отражений на АЧХ вниз по частоте относительно расчета (рис. 2) примерно на 100 МГц. Этот факт, возможно, связан с неточностью изготовления топологии проводников фильтра, а также с тем, что диэлектрическая проницаемость материала подложки на самом деле несколько больше, чем 9.8.

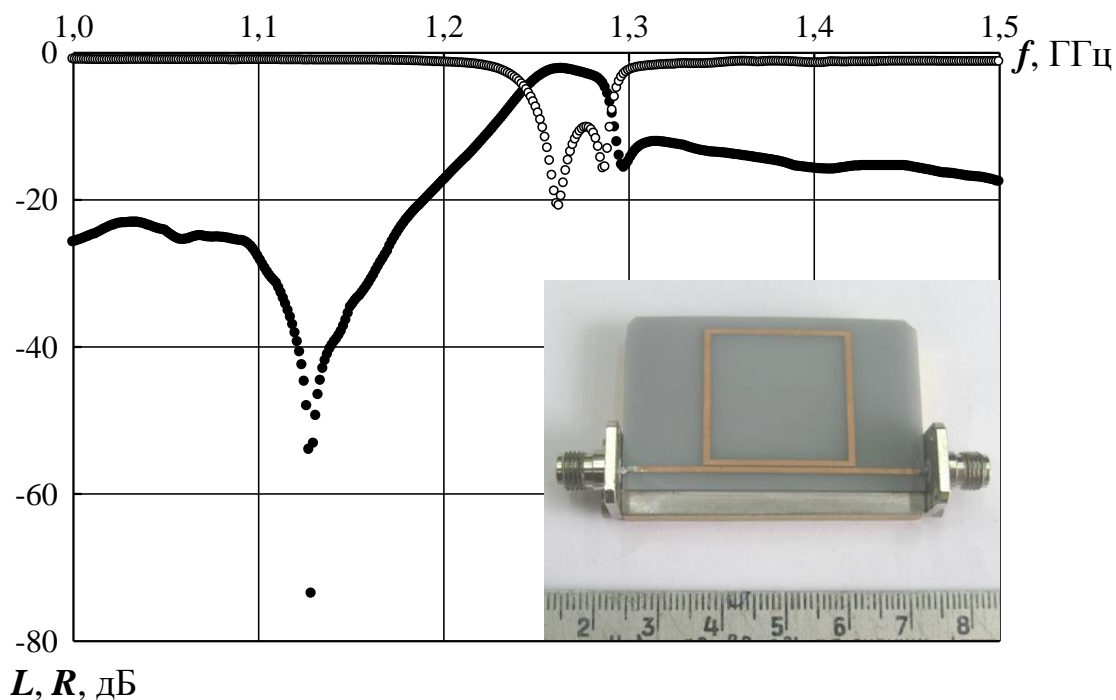


Рис. 3. Результаты измерений АЧХ и фотография макета исследуемого режекторного фильтра

Таким образом, проведенные исследования новой конструкции микрополоскового режекторного фильтра на двухмодовом кольцевом резонаторе, во-первых, показали существенное уменьшение габаритов рассмотренной конструкции по сравнению с аналогами, а, во-вторых, позволили выявить некоторые особенности, наблюдаемые на амплитудно-частотной характеристике. В частности, на частотных зависимостях обратных потерь фильтра обнаружено существование двух минимумов отражения f_{r1} и f_{r2} , находящихся по обе стороны от полосы заграждения, которые, в принципе, могут улучшать избирательность фильтра. Однако для этого требуется провести дополнительные исследования по изучению поведения частот этих минимумов отражений от конструктивных параметров конструкции. Такие исследования необходимы для того, чтобы найти возможности расположить f_{r1} и f_{r2} как можно ближе к полосе заграждения.

Литература:

1. Чернушенко, А.М. Конструкции СВЧ устройств и экранов: Учебное пособие для вузов / А.М. Чернушенко, Н.Е. Меланченко, Л.Г. Малорацкий, Б.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1983. – 400 с.
2. Фальковский, О.И. Техническая электродинамика: Учебник / О.И. Фальковский. – М.: Изд. «Лань», 2009 – 432 с.