

Компактные микрополосковые фильтры с повышенной селективностью

Михаил Николаев (Москва)

Описаны варианты построения микрополосковых фильтров на шпильчных резонаторах, короткозамкнутых с одного конца, с полюсами затухания вблизи полосы пропускания.

Перед разработчиком СВЧ-фильтров практически всегда стоит задача обеспечить требуемые частотные характеристики устройства при минимально возможных габаритах фильтра. При значительном тираже изделия важна технологичность производства фильтров (сложность изготовления и последующая настройка). Решая эти задачи в комплексе, инженер часто отдаёт предпочтение микрополосковой реализации СВЧ-фильтра.

Наряду с компактностью и технологичностью, такая реализация имеет серьёзные недостатки. Микрополосковые резонаторы обладают невысокой собственной добротностью (обычно не более 200). Это приводит к заметным потерям в полосе пропускания, особенно в узкополосных фильтрах, и, что часто более важно, к увеличению неравномерности АЧХ: на краях полосы пропускания потери больше, чем в центре. Другая проблема связана с паразитными связями между элементами фильтра, искажающими частотную характеристику и за-

трудняющими получение высоких уровней ослабления в полосах заграждения.

За последние годы появилось множество микрополосковых схем фильтров, призванных решить те или иные проблемы. Заметного улучшения избирательности удалось добиться при реализации характеристик квазиэллиптического типа, с полюсами затухания вблизи полосы пропускания. Известные преимущества в селективности эллиптических характеристик перед чебышевскими долго не использовались в СВЧ-диапазоне, т.к. классические LC-прототипы полосовых эллиптических фильтров при попытке прямой микрополосковой реализации приводят к не технологичным и очень трудоёмким в настройке конструкциям.

Решение было найдено посредством введения дополнительных связей между резонаторами фильтра. Получающиеся при этом т.н. квазиэллиптические характеристики почти не уступают по избиратель-

ности эллиптическим, в то же время микрополосковая реализация остаётся технологичной и легко настраиваемой в производстве. Резонаторы образованы полуволновыми линиями, согнутыми в виде квадрата или шпильки [1]. Такая конфигурация подходит для сравнительно нешироких полос пропускания – до 10...15%. В широкополосных фильтрах такой конструкции возникают трудности с реализацией сильных связей между резонаторами, поскольку зазоры между проводниками слишком малы для стандартной технологии печатных плат. В нижней части СВЧ-диапазона эти фильтры недостаточно компактны.

В своё время были предложены особо компактные фильтры на шпильчных резонаторах, короткозамкнутых с одного конца [2, 3]. Поперечный размер такого фильтра составляет примерно 1/8 длины волны в микрополосковой линии в середине полосы пропускания. В данной статье исследуются варианты построения фильтров повышенной селективности на резонаторах такого типа, с полюсами затухания вблизи полосы пропускания.

Подход к проектированию данных фильтров рассмотрим на примере фильтра 4-го порядка (см. рис. 1а).

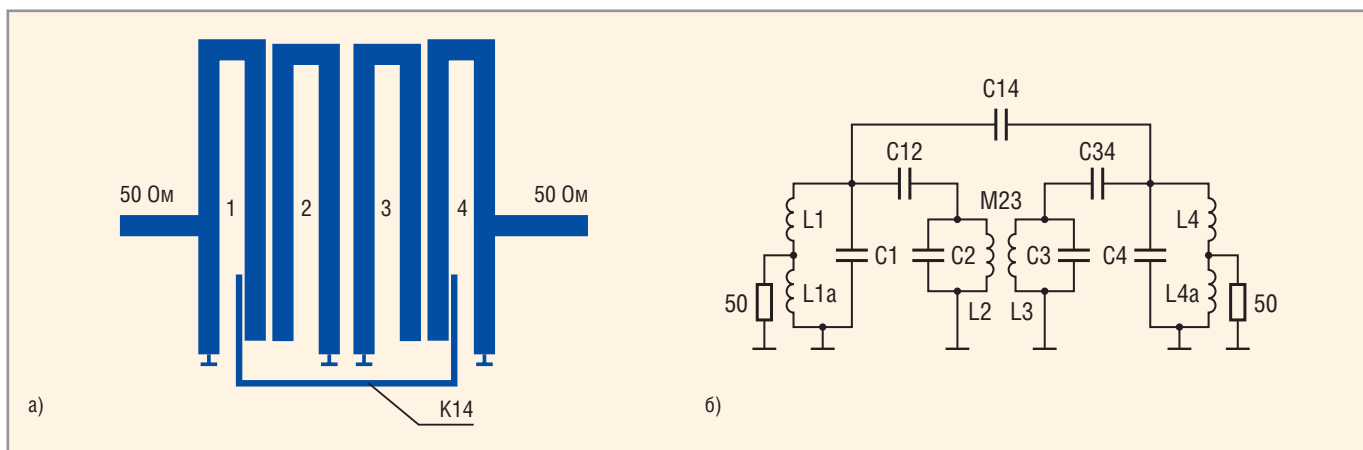


Рис. 1 а) Топология микрополоскового 4-резонаторного фильтра с дополнительной связью K14; б) LC-прототип фильтра

Резонаторы 1 и 2, 3 и 4 связаны своими разомкнутыми частями, что даёт связь ёмкостного типа, а резонаторы 2 и 3 – короткозамкнутыми, что обеспечивает индуктивную связь. Узкая линия K14 осуществляет дополнительную ёмкостную связь резонаторов 1 и 4. В соответствии с общей теорией связанных резонаторов [1], такое сочетание типов связи в четвёрке резонаторов даёт пару полюсов затухания по обе стороны от полосы пропускания, повышая избирательность фильтра. Вход и выход фильтра – автотрансформаторного типа.

В принципе, если разработчик фильтра располагает одним из современных пакетов электродинамического моделирования планарных структур (ADS, Sonnet или Microwave Office), возможно оптимизировать все размеры фильтра, задав требования к его АЧХ. Однако процесс оптимизации может занять слишком много времени и не привести к приемлемому решению, если начальное приближение выбрано неудачно, т.е. слишком далеко от искомого оптимума. Ещё сложнее напрямую синтезировать топологию фильтра более высокого порядка.

Проектирование целесообразно начинать с синтеза прототипа фильтра на сосредоточенных элементах (см. рис. 1б). Микрополосковые резонаторы заменены параллельными LC-контурами, связи контуров 1 и 2, 3 и 4, 1 и 4 – ёмкостные, у контуров 2 и 3 связь индуктивная. Этот LC-прототип лишь приближённо соответствует микрополосковой структуре рис. 1а, но, как показала практика, помогает получить хорошее начальное приближение к искомой топологии фильтра. Значения элементов схемы прототипа рассчитаны методом численной оптимизации. Коэффициенты ёмкостной $K12 = K34$, $K14$ и индуктивной связи $K23$ резонансных контуров выражаются как:

$$K12 = C12/\sqrt{C1C2}, K14 = C14/\sqrt{C1C4}, \\ K23 = M23/\sqrt{L2L3}.$$

Переход от синтезированного прототипа к микрополосковой структуре осуществляется по известной методике [1, 4] через коэффициенты связи и внешние добротности крайних резонаторов. На рисунке 2 приведены АЧХ синтезированного прототипа

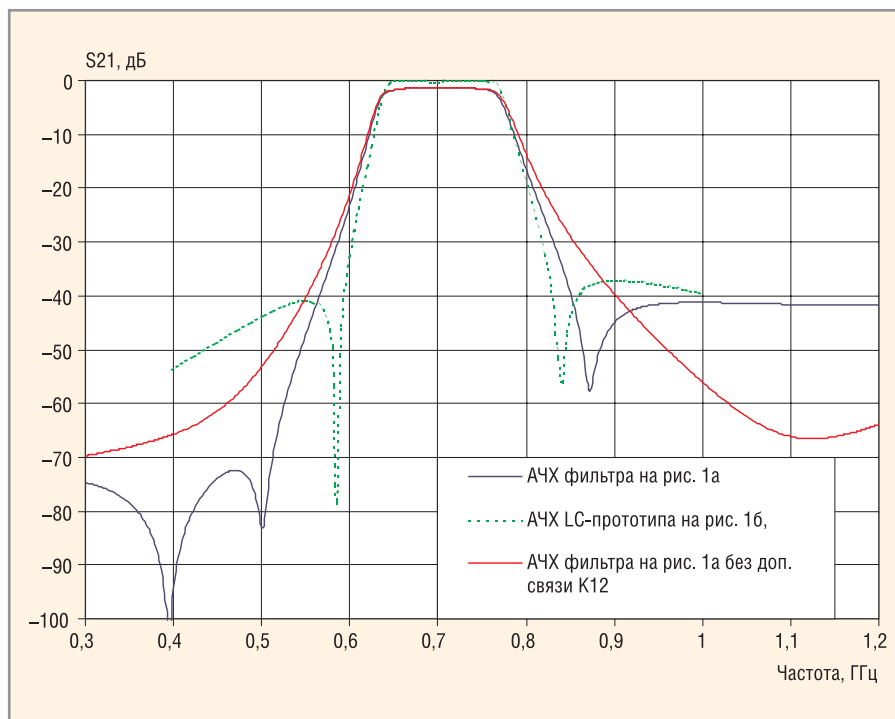


Рис. 2. Расчётные АЧХ синтезированного LC-прототипа (пунктир) фильтра и его микрополосковой реализации

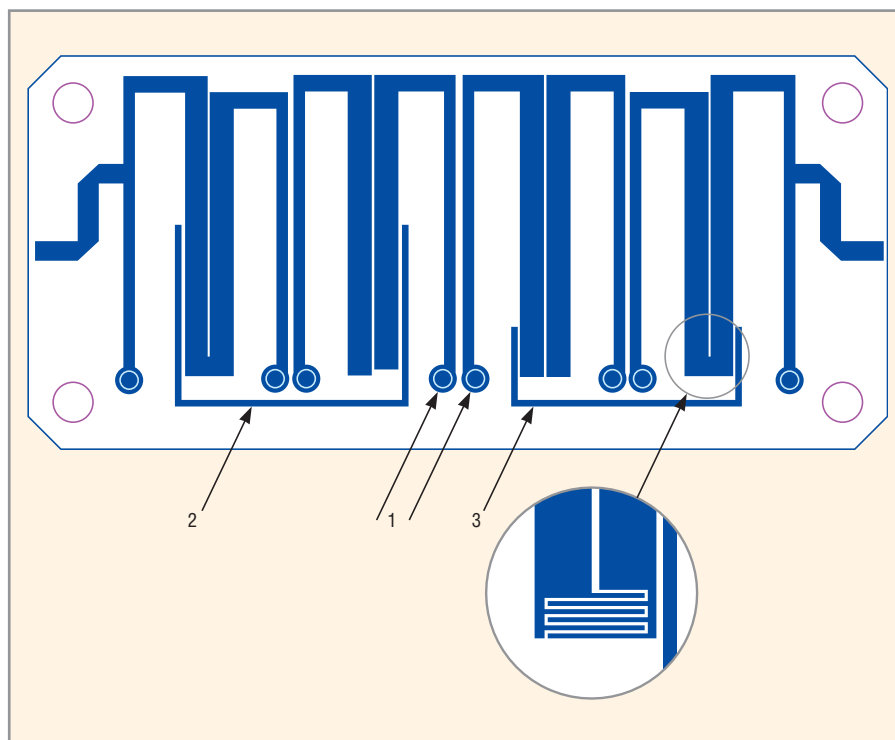


Рис. 3. Топология 8-резонансного микрополоскового фильтра с дополнительными связями резонаторов 1 – 4 и 5 – 8.

(пунктир) и микрополосковой реализации на его основе (расчётная АЧХ, симулятор Sonnet Light Plus). Характеристики близки в окрестности полосы пропускания, в полосах заграждения различия более заметны. Так, микрополосковый фильтр, в отличие от прототипа, имеет два полюса затухания снизу от полосы пропускания. Моделирование показало, что

второй, более низкочастотный полюс вызван компенсацией введённой связи $K14$ индуктивной пространственной связью резонаторов 1 и 4. Для сравнения также приведена характеристика микрополоскового фильтра с удалённой линией дополнительной связи $K14$.

Фильтры более высокого порядка синтезируются аналогично: опти-

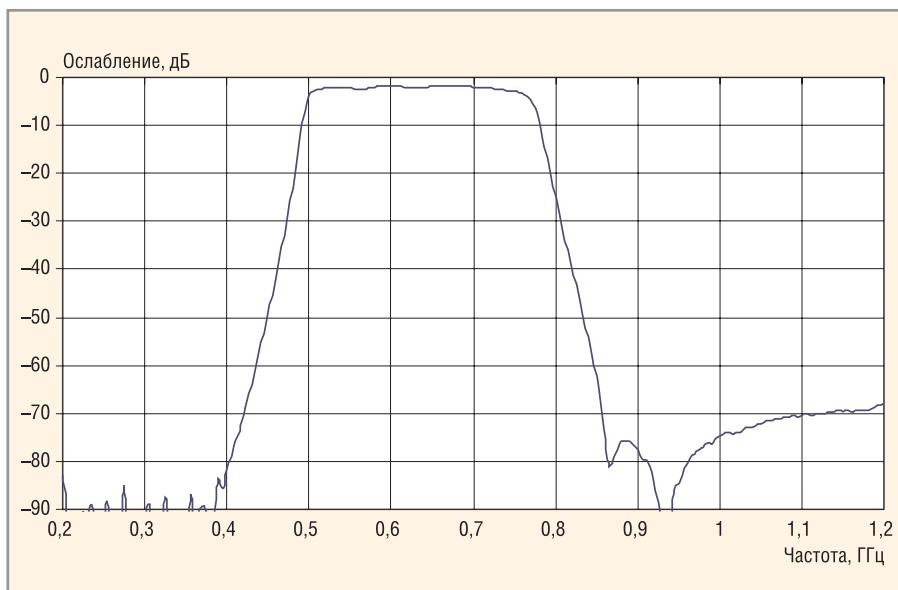


Рис. 4. Измеренная АЧХ 8-резонаторного фильтра, показанного на рис. 3

мизируется LC-прототип, из него извлекаются коэффициенты связи и внешние добротности крайних резонаторов. Далее попарно анализируются микрополосковые резонаторы фильтра и устанавливаются те размеры топологии, которые дают коэффициенты связи, соответствующие прототипу. При этом важно оставаться в пределах реализуемости элементов фильтра технологией печатных плат. Например, в проекте 8-резонаторного фильтра (см. рис. 3) для требуемой связи двух крайних резонаторов зазоры между полосковыми проводниками были бы слишком малы, и чтобы избежать этого, на концах разомкну-

тых ветвей резонаторов добавлены встречно-штыревые конденсаторы.

Металлизированные отверстия 1 замыкают на землю одну из ветвей каждого резонатора. Две дополнительные связи линиями 2 и 3 резонаторов 1 – 4 и 5 – 8 соответственно дают по паре полюсов затухания сверху и снизу от полосы пропускания. Фильтр с полосой пропускания 510...760 МГц и ослаблением на уровне –70 дБ на частотах ниже 420 МГц и выше 860 МГц реализован на подложке из материала RO3010 размером 53,5 × 24,5 × 1,27 мм. На измеренной АЧХ (см. рис. 4) ясно видны два полюса затухания сверху от полосы пропускания. Полюс ниже полосы пропускания находится за пре-

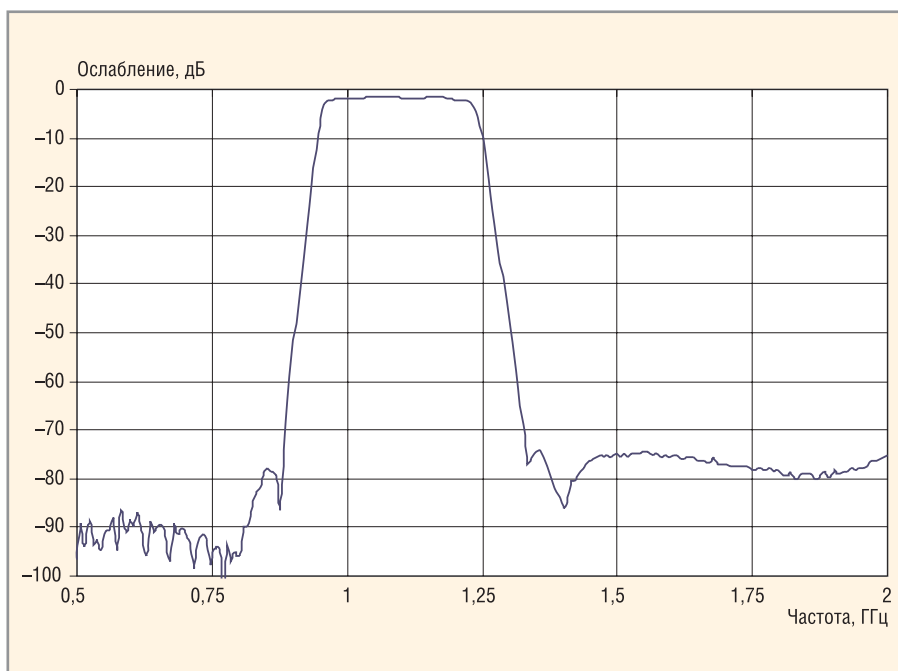


Рис. 6. Измеренная АЧХ фильтра, показанного на рис. 5

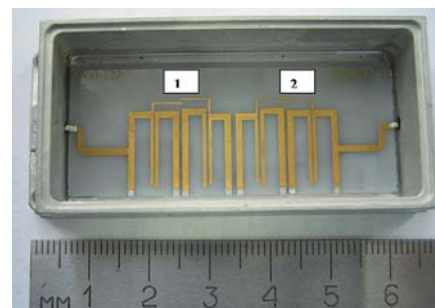


Рис. 5. Восьмирезонаторный фильтр с дополнительными связями на поликоре

делом чувствительности измерения. Потери в середине полосы пропускания составляют 1,8 дБ, возрастают на краях до 3 дБ.

Реализация подобных фильтров на керамике типа «поликор» в рамках тонкоплёночной технологии имеет свои особенности. Изготовление металлизированных отверстий в керамике усложняет производство, и короткое замыкание обычно выполняют металлической фольгой на краю подложки. В этих условиях дополнительные связи между резонаторами 1 – 4 и 5 – 8 реализуются некоторым усложнением их формы (см. рис. 5, области узких связанных линий 1 и 2). Результаты измерений этого фильтра представлены на рисунке 6. Полоса пропускания по уровню –3 дБ составляет от 0,96 до 1,23 ГГц, потери в полосе пропускания достигают 1,5 дБ, полосы заграждения по уровню –70 дБ расположены ниже 0,88 ГГц и выше 1,33 ГГц.

В заключение отметим, что для достижения сопоставимой крутизны АЧХ более традиционными микрополосковыми фильтрами, с характеристикой типа чебышевской, потребовалось бы не 8 резонаторов, а 11 – 12. Такой фильтр не только будет более габаритным, но и будет иметь большие потери и неравномерность АЧХ в полосе пропускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hong J.-Sb., Lancaster M.J. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. John Wiley & Sons, 2001.
2. А.с. 1309125, СССР, МКИ Н01 Р 1/205, Микрополосковый фильтр. Николаев М.А. Оpubл. в 1987, Бюл. № 17.
3. А.с. 1683099, СССР, МКИ Н01 Р 1/205, Микрополосковый фильтр. Николаев М.А. Оpubл. в 1991, Бюл. № 37.
4. Маттей Г.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Связь. 1971–1972.

Sony разработала КМОП-сенсор для автомобильных камер

Как оказалось, представленная недавно автомобильная система кругового обзора от компании Nissan Motor состоит из четырёх фотокамер производства корпорации Sony. Самым замечательным является факт принадлежности сенсоров изображения к классу КМОП – крайне редко используемых в автомобильной электронике ввиду их высокой шумности и дороговизны по сравнению с ПЗС-аналогами.



Корпорация пока не раскрывает всех технических деталей новинок. Известно лишь, что разрешение сенсора составляет 1,3-мегапиксела, скорость съёмки камеры – 30 кадров в секунду, угол обзора – 186,2° в горизонтальной плоскости и 147° в вертикальной. Размеры камеры составляют 23,4 × 23,4 × 21,7 мм. В её работе используется новый цифровой сигнальный процессор, призванный устранять искажения и менять точки обзора.

techon.nikkeibp.co.jp

Первый OLED-телевизор поступил в продажу

В конце 2007 г. компания Sony анонсировала первый в мире OLED-телевизор XEL-1. Релиз новинки был намечен на 1 декабря 2007 г., но японцы перевыполнили план и, если верить источнику, продажи XEL-1 стартовали раньше.

Напомним основные технические особенности OLED-телевизора Sony. Новин-



XEL-1

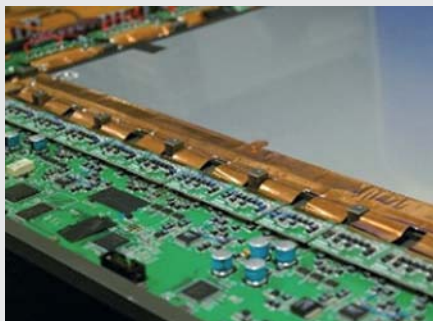
ка оснащается панелью с диагональю 11 дюймов и разрешением 960 × 540 пикселей (QHD), отличается чрезвычайно высокой контрастностью 1 000 000 : 1. Потребляемая мощность составляет около 45 Вт, в режиме ожидания – 0,84 Вт. В комплекте с телевизором поставляется пульт дистанционного управления.

Как и ожидалось, рекомендованная розничная цена телевизора для рынка Японии составила 200 тыс. иен, или около \$1850 (включая налог).

cdrinfo.com

Цифровой сенсор рентгеновских лучей от Samsung

Компания Samsung Electronics объявила о завершении разработки цифрового плоскостельного детектора рентгеновских лучей (flat panel X-ray detector, FPXD), предназначенного для использования в составе медицинской диагностической аппаратуры. Разработка проводилась в сотрудничестве с корейской компанией Vatech, занимающейся производством медицинского оборудования.



FPXD по сути представляет собой сенсор изображения, способный регистрировать лучи не видимого спектра, как обычные сенсоры, а значительно более жёсткого рентгеновского излучения. Габариты FPXD составляют 450 × 460 мм (610 мм по диагонали). Разрешение сенсора – 9,4 мегапикселей (максимально разрешение снимка 3072 × 3072 пикселей).

При создании сенсора инженеры Samsung разместили фоточувствительные элементы на поверхности стеклянной подложки из аморфного кремния. Рентгеновские лучи регистрируются сенсором фотон за фотоном, а затем конвертируются в изображение, которое можно просмотреть на плоском экране. Кроме того, компания позаботилась и о функции улучшения качества картинки в виде шумопоглощающего фильтра, используемого при ра-

боте в режимах высокой чувствительности.

Samsung намерена начать отгрузку рентгеновских сенсоров для производителей медицинских диагностических установок в 2008 г.

biz.yahoo.com

Всенаправленная FullHD-видеокамера от Olympus

Инженеры из Future Creation Laboratory, принадлежащей корпорации Olympus, представили на суд общественности прототип системы, состоящей из видеокамеры и проектора. Камера способна снимать окружающее пространство с углом обзора в 360° и разрешением 1080i (FullHD). В задачу проектора, как можно догадаться, входит воспроизведение отснятых камерой изображений. Сердцем прототипа является фирменная осесимметричная линза с произвольной кривизной поверхности (axisymmetric free-form-surface lens), представленная в июне 2007 г.

Выполненная из пластика линза имеет куполовидную форму, её диаметр составляет 60 мм. Она способна формировать всенаправленные изображения (omnidirectional images) с горизонтальным и вертикальным углами обзора в 360° и 50° соответственно. Полученное видео может быть спроецировано на цилиндрическую поверхность с помощью предложенного компанией проектора. Отснятые камерой обзорные изображения, в свою очередь, могут быть представлены в виде «плоских» аналогов.



Сроки коммерциализации прототипа не называются. Очевидно, что основанные на прототипе устройства найдут своё применение при создании планетариев, комнат отдыха и центров развлечений. Кроме того, закреплённая под потолком система сможет исполнять роль эффективной камеры наблюдения, одновременно просматривающей всё пространство вокруг себя.

techon.nikkeibp.co.jp