

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **182 106** (13) **U1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[Н01Р 5/16 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 27.02.2019)
Пошлина: учтена за 1 год с 26.10.2017 по 26.10.2018

(21)(22) Заявка: [2017137547](#), 26.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.10.2017

Дата регистрации:
03.08.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 26.10.2017

(45) Опубликовано: [03.08.2018](#) Бюл. № [22](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Denis, A. Letavin Miniature microstrip rat-race couplers with artificial transmission lines // Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2017 40th International Conference on. 07.07.17. Letavin D. A. Compact microstrip three-loop coupler //IEEE 2017 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium - Italy (ACES) - Firenze, Italy 30.03.2017. Kimberley W. Eccleston Compact Planar Microstripline Branch-Line and Rat-Race Couplers // IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 51, NO. 10, OCTOBER 2003. Denis A. Letavin Advantages and Disadvantages of the Miniaturization Method Based on the Use of a Lowpass Filter // Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC). 2016. Letavin D. A. Compact microstrip three-loop coupler //IEEE 2017 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium - Italy (ACES) - Firenze, Italy 30.03.2017. Hiroshi Okabe A Compact Enhanced-Bandwidth Hybrid Ring Using an Artificial Lumped-Element Left-Handed Transmission-Line Section // IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 52, NO. 3, MARCH 2004. Д.А. Летавин МИНИАТЮРИЗАЦИЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ // Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина // Екатеринбург, 2016 (стр. 20). US 4254386 A1, 03.03.1981. US

(72) Автор(ы):
Летавин Денис Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

5412354 А1, 02.05.1995. SU 660129 А1,
30.04.1979.

Адрес для переписки:

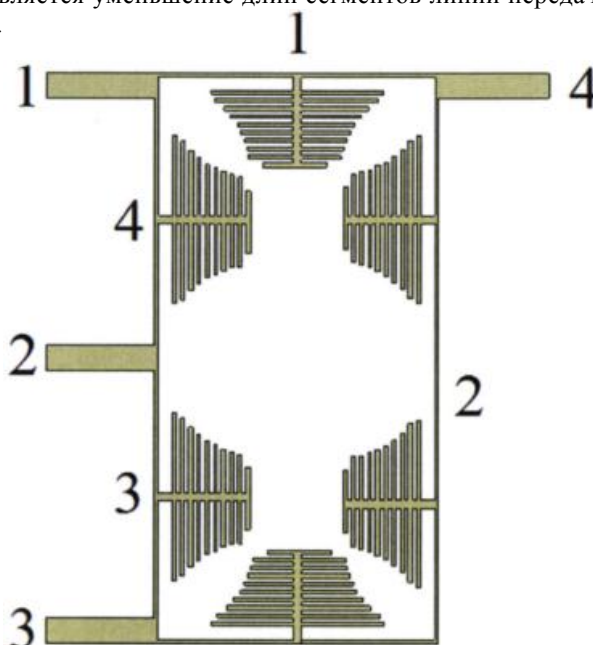
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УРФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(54) КОМПАКТНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ МОСТ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области радиотехники, а именно к технике сверхвысоких частот и направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей. Компактный кольцевой мост, характеризующийся тем, что содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , четыре искусственных линии передачи, подключенных друг к другу через тройники, с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 \cdot \sqrt{2}$, и фазой коэффициента передачи 90° у

первой, третьей, четвертой искусственных линий передачи и 270° у второй искусственной линии передачи на центральной рабочей частоте, где первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом второй искусственной линии передачи, второй вход второй искусственной линии передачи соединен с третьим входом устройства и первым входом третьей искусственной линии передачи, второй вход третьей искусственной линии передачи соединен со вторым входом устройства. Техническим результатом, достигаемым при реализации полезной модели, является уменьшение длин сегментов линий передачи в составе моста. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

Полезная модель относится к технике СВЧ и может быть использована в радиотехнических устройствах различного назначения, где необходимо деление входной мощности.

В настоящий момент широкую известность получила конструкция квадратурного направленного ответвителя, выполненная в виде двух одинаковых отрезков линии передачи, например, коаксиального кабеля, длиной в $1/8$ длины волны в линии и содержащего две сосредоточенные емкости связи, которые включены на концах отрезков между потенциальными проводниками линий («Устройства сложения и распределения мощностей высокочастотных колебаний.» Под ред. З.И. Моделя. Изд. "Советское радио", М. 1980. С. 86-87, рис. 6.6). Недостатками данного технического решения являются: узкая полоса рабочих частот и большой габаритный размер.

Другая часто используемая конструкция представляет собой квадратурный направленный ответвитель на элементах с сосредоточенными параметрами. Ответвитель представляет собой симметричный восьмиполосник, состоящий из фильтров верхних частот ("Широкополосные устройства СВЧ на элементах с сосредоточенными параметрами" Карпов В.М., Малышев В.А., Перевощиков И.В. - М.: "Радио и связь", 1984. с. 67-72, рис. 5.5). При широкой полосе рабочих частот данный ответвитель содержит большое количество элементов, а, следовательно,

имеет большие габаритные размеры, низкую надежность и повторяемость при серийном производстве, высокую стоимость, сложен в изготовлении и настройке.

Также известен улучшенный и модифицированный кольцевой направленный ответвитель, в конструкцию которого добавлены дополнительные настраивающие линии передачи для достижения правильного фазового набега между выходами. (US 4254386 А).

Известен также микрополосковый кольцевой мост, который содержит диэлектрическую подложку, одна поверхность которой металлизирована, а на другой микрополосковая линия свернута в кольцо длиной $1,5\lambda_{Л}$, расстояние между соседними плечами которого составляет $\lambda_{Л}/4$, а между крайними - $3\lambda_{Л}/4$, где $\lambda_{Л}$ - длина волны в линии (Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика - «Связь», 1971. - 452 с.). Устройство обеспечивает прохождение сигнала с входа устройства на два его выхода, благодаря линиям передачи, соединяющим входы моста. Фазовый сдвиг напряжений на выходах такого моста может составлять как 0° , так и 180° . Недостатками указанного микрополоскового кольцевого моста являются: значительная площадь подложки не используемая полезно (расположенная между микрополосковыми отрезками), особенно на низких частотах, а также паразитные полосы пропускания на соседних частотах.

Полезная модель направлена на уменьшение габаритных размеров кольцевого моста.

Техническим результатом, достигаемым при реализации полезной модели, является уменьшение длин сегментов линий передачи в составе моста.

Технический результат достигается за счет того, что компактный кольцевой мост содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , четыре искусственных линии передачи, подключенных друг к другу через тройники, с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 \cdot \sqrt{2}$, и фазой коэффициента передачи 90° у

первой, третьей, четвертой искусственных линий передачи и 270° у второй искусственной линии передачи на центральной рабочей частоте, где первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом второй искусственной линии передачи, второй вход второй искусственной линии передачи соединен с третьим входом устройства и первым входом третьей искусственной линии передачи, второй вход третьей искусственной линии передачи соединен со вторым входом устройства.

Искусственная линия передачи, имеющая в необходимой полосе частот фазочастотную характеристику, совпадающую с фазочастотной характеристикой линии передачи, обладает меньшей длиной по сравнению с ней. Таким образом, использование искусственной линии передачи вместо отрезков линий передачи позволяет значительно уменьшить площадь устройства.

Сущность изобретения поясняется фигурами, на которых изображено:

- на фиг. 1 - вариант топологии предлагаемого микрополоскового кольцевого моста, реализованного на подложке с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 4,4, и толщиной 1 мм; вид сверху, где 1, 2, 3, 4 - входы моста;

- на фиг. 2 - графики зависимости модулей S-параметров от частоты, выраженных в децибелах;

- на фиг. 3 - график частотной зависимости разности фаз между связанным и основным выходами моста.

Микрополосковый кольцевой мост имеет четыре 50-омных входных линии передачи, состоит из шести идентичных искусственных линий передачи в микрополосковом исполнении, подключенных друг к другу, с помощью тройников между входами 1 и 2, 1 и 4, 3 и 4, 2 и 4 (см. фиг. 1).

Компактный кольцевой мост работает следующим образом.

Поступающая на вход 1 мощность высокочастотного сигнала (например, с рабочей частотой 1 ГГц) делится на две части, одна бежит по часовой стрелке, а другая - против часовой стрелки. В зависимости от выбранного входа поступающая мощность будет делиться между двумя выходами, так при возбуждении плеча 1 в плечах 2 и 4 появляются синфазные волны, а при возбуждении плеча 3 в тех же плечах 2 и 4 появляются противофазные волны, так как расстояния от плеча 3 до плеч 2 и 4 отличаются на $\lambda_{Л}/2$. Полученные результаты в результате исследования опытного образца, можно наглядно увидеть на фиг. 2,3. Подобная реализация, представленная на фиг. 1, предлагаемого моста обеспечивает равное деление мощности. За счет использования искусственных линий передачи, состоящие из микрополосковой линии и подключенных к ней шлейфов холостого хода, которые обеспечивают фазовый набег 90° , вход 3 оказывается электрически развязанным на центральной рабочей частоте. Также данная топология позволяет получить разность фаз в 0 и 180 градусов на центральной частоте, как это можно видеть на фиг. 3. При этом в составе искусственных линий передачи, вместо подключаемых шлейфов холостого хода, могут использоваться шлейфы короткого замыкания.

Для стандартного волнового сопротивления $R_1=50$ Ом входные сопротивления искусственных линий передачи будут равны $R_2 = R_1 \cdot \sqrt{2} = 50 \cdot \sqrt{2} = 70,7$ Ом.

В качестве дополнительного преимущества предлагаемый мост не имеет паразитных полос пропускания на частотах, кратных центральной частоте рабочего диапазона. Применение искусственных линий передачи вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции.

Для подтверждения реализуемости выбранного технического решения, был изготовлен опытный образец полезной модели микрополоскового кольцевого моста со следующими техническими характеристиками:

- коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входов моста не более 1,3;
- амплитудный разбаланс между выходами моста не превышает 0,9 дБ, в соответствии с данными на фиг. 2;
- разность фаз между выходами отличается от 0° и 180° не более чем на $\pm 2^\circ$, что показано на фиг. 3.

Площадь миниатюрного кольцевого моста составляет 800 мм^2 , что на 80% меньше площади, занимаемой стандартной конструкцией моста.

Формула полезной модели

1. Компактный кольцевой мост, характеризующийся тем, что содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , четыре искусственных линии передачи, подключенных друг к другу через тройники, с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 \cdot \sqrt{2}$ и фазой коэффициента передачи 90° у первой, третьей,

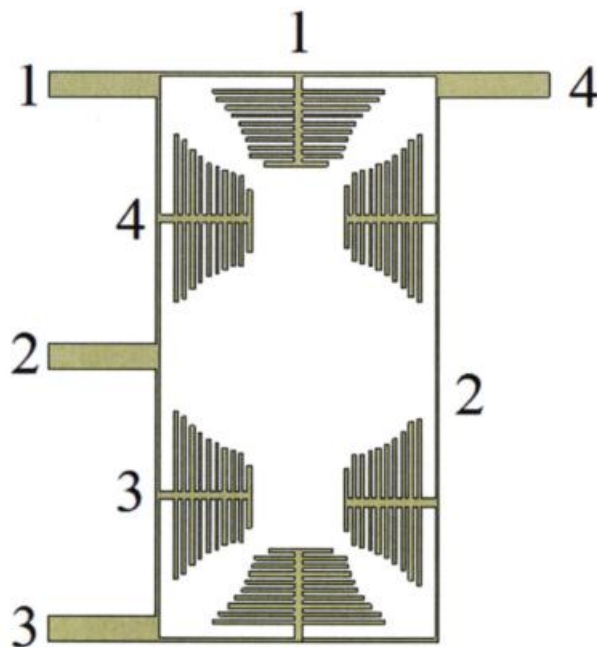
четвертой искусственных линий передачи и 270° у второй искусственной линии передачи на центральной рабочей частоте, где первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом второй искусственной линии передачи, второй вход второй искусственной линии передачи соединен с третьим входом устройства и первым входом третьей искусственной линии передачи, второй вход третьей искусственной линии передачи соединен со вторым входом устройства и вторым входом четвертой искусственной линии передачи.

2. Компактный кольцевой мост по п. 1, отличающийся тем, что все искусственные линии передачи состоят из микрополосковой линии и подключенных к ней шлейфов холостого хода.

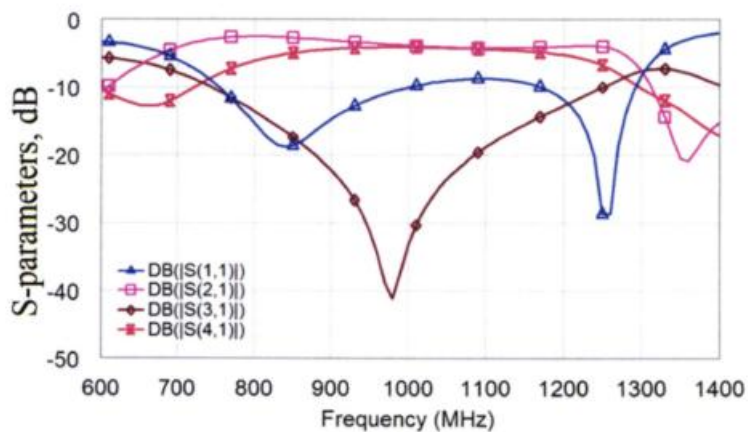
3. Компактный кольцевой мост по п. 1, отличающийся тем, что все искусственные линии передачи состоят из микрополосковой линии и подключенных к ней шлейфов короткого замыкания.

1

КОМПАКТНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ МОСТ



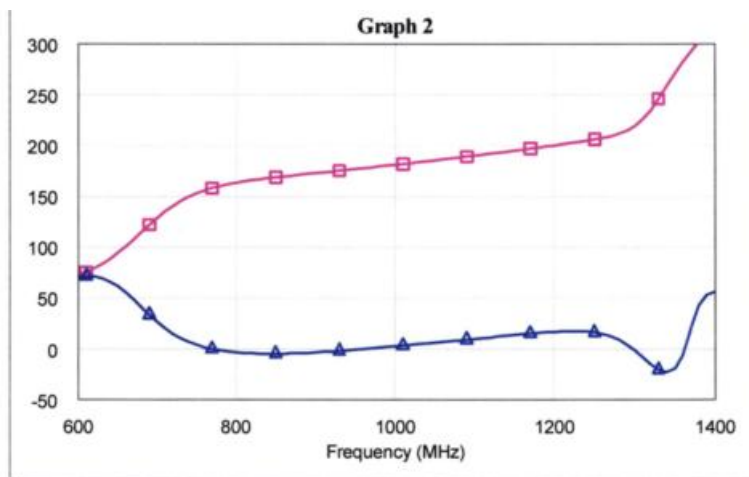
Фиг. 1



Фиг. 2

2

КОМПАКТНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ МОСТ



Фиг. 3