

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 182 122 (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[Н01Р 5/18 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 17.12.2018)  
Пошлина: учтена за 1 год с 15.08.2017 по 15.08.2018

(21)(22) Заявка: [2017129163](#), 15.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.08.2017

Дата регистрации:  
03.08.2018

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 15.08.2017

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

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Chao-Wei Wang "A New Planar Artificial Transmission Line and Its Applications to a Miniaturized Butler Matrix" // IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 55, NO. 12, DECEMBER 2007, 10 стр., стр. 2792-2801. US 20110090023 A1, 21.04.2011. KR 1665589 B1 12.10.2016. KR 1321555 B1, 23.10.2013. RU 132621 U1, 20.09.2013. Spoorti Almad and M. N. Sujatha Analysis and Design of Couplers using Artificial Transmission Line //International Conference on Communication and Signal Processing, April 6-8, 2016, India. V. Iran-Nejad, A.A. Lotfi-Neyestanak and A. Shahzadi Compact broadband quadrature hybrid coupler using planar artificial transmission line // ELECTRONICS LETTERS 6th December 2012 Vol. 48 No. 25. C.-H. Tseng C.-H. Wu Design of compact branch-line couplers using p-equivalent artificial transmission lines //IET Microw. Antennas Propag., 2012, Vol. 6, Iss. 9, pp. 969-974. ECCLESTON, K. W., ONG, S. H. M. Compact planar microstripline branch-line and rat-race couplers. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2003, vol. 51, no. 10, p. 2119 to 2125. Draskovic, Drask An optically reconfigurable dual-band branch-line coupler with artificial transmission lines. In: 2008 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Jul 5-11, 2008.**

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

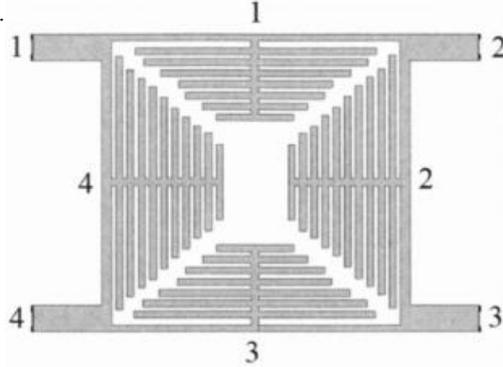
(73) Патентообладатель(и):  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)**

Адрес для переписки:  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УРФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

## (54) МИНИАТЮРНЫЙ МИКРОПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к радиотехнике, а именно к направленным ответвителям. Миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель содержит четыре линии передачи, отвечающие за вход, четыре попарно одинаковых искусственных линии передачи подключенных друг к другу и шлейфы холостого хода погружены внутрь пространства заключенного между искусственными линиями. Первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и вторым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен со вторым 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 линией передачи, второй вход третьей искусственной линией передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линией передачи. Технический результат - уменьшение длин отрезков линий передачи, которые входят в состав направленного ответвителя. 2 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области радиотехники и может быть использована в радиолокации, радионавигации, связи, антенных системах и радиоизмерениях как самостоятельное устройство, а также в качестве функционального узла для построения делителей мощности, фазовращателей, смесителей, модуляторов, дискриминаторов, сумматоров мощности, диаграммообразующих элементов.

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.

Из известных технических решений наиболее близким по технической сущности к предложенному является микрополосковый направленный ответвитель, который содержит диэлектрическую подложку, одна поверхность которой металлизирована, а на другой две линии передачи соединены на расстоянии четверти длины волны двумя четвертьволновыми шлейфами. (Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика - «Связь», 1971. - 487 с.) Устройство обеспечивает прохождение сигнала с входа основной линии на выход и ответвление части сигнала, проходящего по основной линии передачи, на два выхода. Фазовый сдвиг напряжений на выходных плечах такого ответвителя составляет  $90^\circ$ .

Недостатками указанного микрополоскового направленного ответвителя являются:

- большие габариты, особенно на низких частотах;
- паразитные полосы пропускания на соседних частотах;
- не используется полезно значительная площадь подложки, заключенная между микрополосковыми линиями.

Полезная модель направлена на уменьшение габаритных размеров микрополосковых направленных ответвителей. Таким образом, техническим

результатом, достигаемым при реализации полезной модели, является уменьшение длин отрезков линий передачи, которые входят в состав направленного ответвителя.

Технический результат достигается за счет того, что миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель содержит четыре линии передачи, отвечающие за вход, и четыре попарно одинаковых искусственных линии передачи подключенных друг к другу, где первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и вторым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен со вторым 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 линией передачи, второй вход третьей искусственной линией передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линией передачи.

Искусственная линия передачи, обладающая значениями фаз в необходимой полосе частот, совпадающие со значениями фаз линии передачи, но при этом обладает меньшей длиной по сравнению с ней.

Как правило, работу микрополоскового направленного ответвителя оценивают по графику зависимости S-параметров от частоты и разности фаз между выходными портами. По графику S-параметров определяется полоса рабочих частот, значения коэффициентов передачи и значение согласования в полосе частот. По графику разности фаз можно судить выполняет ли мост свою функцию разности фаз между двумя выходными плечами, которая должна быть равна 90 градусов.

Сущность полезной модели поясняется фигурами, на которых изображено:

- на фиг. 1 - вариант топологии предлагаемого миниатюрного микрополоскового направленного ответвителя, реализованного на подложке с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 4.4, и толщиной 1 мм; вид сверху, где 1, 2, 3, 4 - входы ответвителя;
- на фиг. 2 - графики зависимости модуль S-параметров от частоты, выраженный в децибелах;
- на фиг. 3 - график частотной зависимости разности фаз между выходами ответвителя.

Микрополосковый направленный ответвитель, в традиционном исполнении имеет четыре 50-омных линии передачи, состоит из четырех попарно одинаковых 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 3 (см. фиг. 1).

Миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель работает следующим образом.

Поступающая в плечо 1 мощность высокочастотного сигнала (например, с рабочей частотой 1,8 ГГц) по искусственной линии передачи частично поступает в плечо 2, частично (благодаря соединяющим искусственным линиям) ответвляется в плечо 3. Полученные результаты в результате исследования опытного образца, можно наглядно увидеть на фиг. 2. Подобная реализация, представленная на фиг. 1, предлагаемого миниатюрного микрополоскового направленного ответвителя обеспечивает равное деление мощности, а плечо 4 оказывается электрически развязанным в рабочем диапазоне частот, за счет использования искусственной линии, обеспечивающая фазовый сдвиг 90 градусов. Также данная топология позволяет получить разность фаз в 90 градусов на центральной частоте, как это можно видеть на фиг. 3. Ввиду симметрии предлагаемого устройства, аналогичное рассуждение справедливо при подаче мощности в любое другое плечо.

В качестве дополнительного преимущества предлагаемый миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель не имеет паразитных полос пропускания на соседних частотах. Применение искусственных линий передачи вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции. Шлейфы холостого хода погружены внутрь пространства заключенного между искусственными линиями, что дополнительно уменьшает габаритные размеры устройства. Шлейфы холостого хода, могут быть заменены на шлейфы короткого замыкания.

Для подтверждения эффективности выбранного технического решения, был изготовлен опытный образец полезной модели миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель со следующими техническими характеристиками:

- коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входов ответвителя не более 1,2;
- амплитудный разбаланс между основным и связанным каналами ответвителя не превышает 0,3 дБ, в соответствии с данными на фиг. 2;
- разность фаз между основным и связанным каналами отличается от 90° не более чем на 3°, что показано на фиг. 3.

Площадь миниатюрного микрополоскового направленного ответвителя составляет 207 мм<sup>2</sup>, что на 71.9% меньше площади, занимаемой стандартной конструкцией ответвителя.

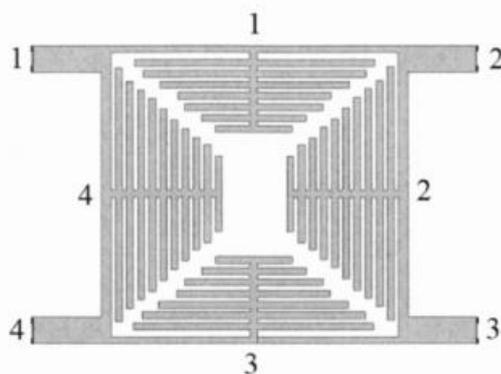
1. Миниатюрный микрополосковый направленный ответвитель, характеризующийся тем, что содержит четыре линии передачи, отвечающие за вход, четыре попарно одинаковых искусственных линии передачи подключенных друг к другу и шлейфы холостого хода погружены внутрь пространства заключенного между искусственными линиями, где первый вход первой искусственной линии передачи соединен с первым входом устройства и вторым входом четвертой искусственной линии передачи, второй вход первой искусственной линии передачи соединен со вторым 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 линией передачи, второй вход третьей искусственной линией передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом четвертой искусственной линией передачи.

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

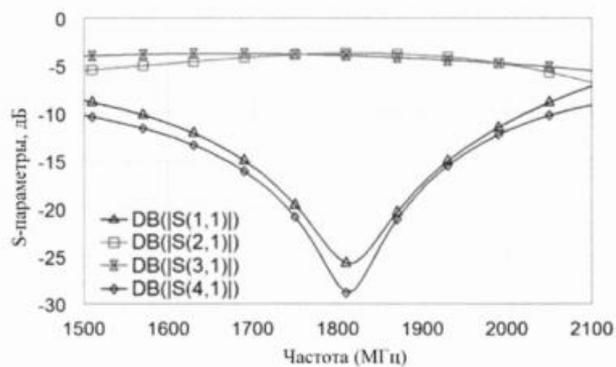
3. Ответвитель по п. 1, отличающийся тем, что все искусственные линии передачи состоят из микрополосковой линии и подключенных к ней шлейфов короткого замыкания.

1

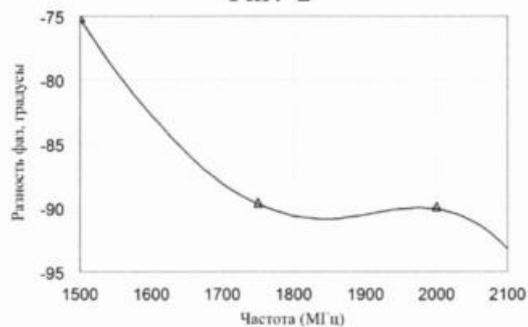
## МИНИАТЮРНЫЙ МИКРОПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3