



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01P 5/16 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018112849, 09.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.04.2018

Дата регистрации:
01.03.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.04.2018

(45) Опубликовано: 01.03.2019 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Летавин Денис Александрович (RU),
Чечеткин Виктор Алексеевич (RU),
Мительман Юрий Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2623186 C2, 22.06.2017. RU
177305 U1, 15.02.2018. RU 2494502 C2,
27.09.2013. US 7538635 B2, 26.05.2009.
JPН0567904 А, 19.03.1993.

(54) КОМПАКТНЫЙ ЧЕТЫРЕХШЛЕЙФНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

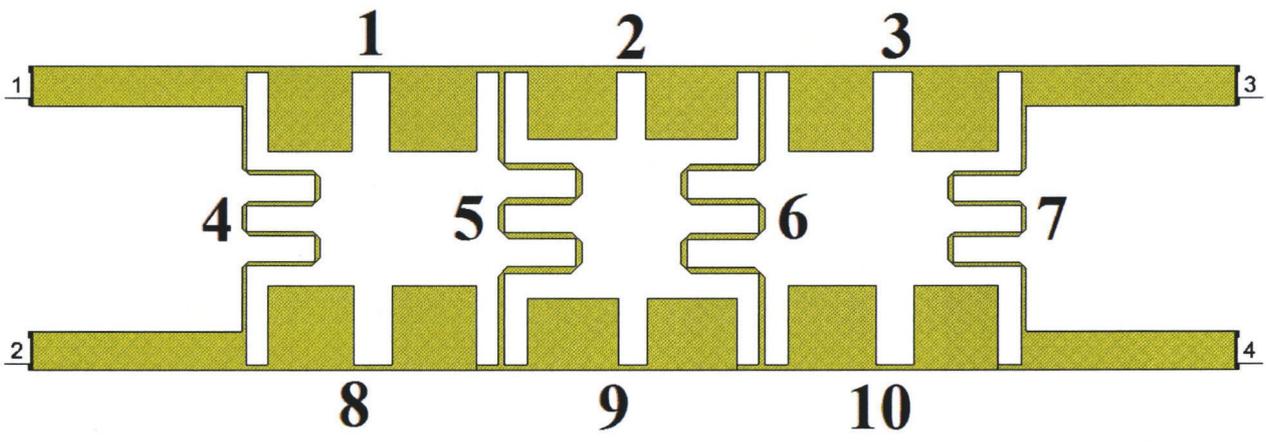
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области радиотехники, а именно к технике сверхвысоких частот, и направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей. Техническим результатом, достигаемым при реализации полезной модели, является уменьшение длин сегментов линий передачи в составе направленного ответвителя. Компактный четырехшлейфный направленный ответвитель, характеризующийся тем, что содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , шесть фильтров нижних частот, четыре микрополосковые линии передачи, первый, третий, восьмой, десятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями R_2 и фазой коэффициента передачи 90° на

центральной рабочей частоте, второй и девятый фильтры нижних частот с входным сопротивлением R_3 и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, четвертый и седьмой четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_4 , пятую и шестую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_5 , подключенные друг к другу через тройники, где

$$k = \sqrt{P_{\text{отв}} / P_{\text{вх}}}, P_{\text{отв}} - \text{мощность, ответвленная}$$

в один из входов, $P_{\text{вх}}$ - мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 187316 U1

RU 187316 U1

Полезная модель относится к радиотехнике 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., Перевошиков 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.

Известен также микрополосковый четырехшлейфный направленный ответвитель, который содержит диэлектрическую подложку, одна поверхность которой металлизирована, а на другой две микрополосковые линии передачи, две центральные структуры и симметрично относительно каждой центральной структуры расположена боковая структура на расстоянии в четверть длины волны друг от друга, причем каждая структура выполнена в виде четвертьволнового отрезка линии передачи, соединенного с обеими линиями передачи. (Малорацкий Л.Г. Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях - М.: Сов. Радио, 1972 - 186 с.). Устройство обеспечивает прохождение сигнала с входа основной линии на выход и ответвление части мощности на второй выход, благодаря структурам, соединяющим линии передачи, и электромагнитной связи между линиями передачи. Фазовый сдвиг напряжений на выходах такого ответвителя составляет 90° . Недостатками указанного микрополоскового направленного ответвителя являются: большие габаритные размеры, особенно на низких частотах, а также паразитные полосы пропускания на соседних частотах.

Полезная модель направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей.

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

Технический результат достигается за счет того, что четырехшлейфный направленный ответвитель содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , шесть фильтров нижних частот, четыре микрополосковые линии передачи, первый, третий, восьмой, десятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями R_2 и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, второй и девятый

фильтры нижних частот с входным сопротивлением R_3 и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, четвертый и седьмой четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_4 , пятую и шестую

5 четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_5 , подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}}$, $P_{\text{отв}}$ - мощность,

ответвленная в один из входов, $P_{\text{вх}}$ - мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя, где первый вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом
10 устройства и первым входом четвертого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом второй и пятого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход второй фильтра нижних частот соединен с первым входом третьей и шестого четвертьволнового отрезка линии
15 передачи, второй вход третьей фильтра нижних частот соединен с третьим входом устройства и первым входом седьмого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход седьмого четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом десятого фильтра нижних частот, второй вход
20 десятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом шестого четвертьволнового отрезка линии передачи и первым входом девятого фильтра нижних частот, второй вход девятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом пятого четвертьволнового отрезка линии передачи и первым входом восьмого фильтра нижних частот, второй вход восьмого фильтра нижних частот соединен со вторым
25 входом устройства и вторым входом четвертого четвертьволнового отрезка линии передачи.

Фильтр нижних частот, имеющий в необходимой полосе частот фазочастотную характеристику, совпадающую с фазочастотной характеристикой линии передачи, обладает меньшей длиной по сравнению с ней. Таким образом, использование фильтров
30 нижних частот вместо отрезков линий передачи позволяет уменьшить габаритные размеры устройства.

30 Сущность полезной модели поясняется фигурами, на которых изображено:

- на фиг. 1 - предпочтительный вариант топологии предлагаемого микрополоскового направленного ответвителя с несимметрично выполненными фильтрами нижних частот, реализованного на диэлектрической подложке с относительной диэлектрической
35 проницаемостью равной 4.4 и толщиной 1 мм; вид сверху, где 1, 2, 3, 4 - входы ответвителя;

- 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 ответвителя.

40 Микрополосковый направленный ответвитель имеет четыре 50-омных входных линии передачи, состоит из шести фильтров нижних частот в микрополосковом исполнении и четырех микрополосковых линий, подключенных друг к другу, с помощью тройников между входами 1 и 2, 1 и 3, 3 и 4, 2 и 4.

Микрополосковый направленный ответвитель работает следующим образом.

45 Поступающая на вход 1 мощность высокочастотного сигнала (например, с рабочей частотой 2 ГГц) по фильтрам нижних частот частично поступает на вход 3, частично ответвляется на вход 4. В качестве дополнительного преимущества предлагаемый ответвитель не имеет паразитных полос пропускания на частотах, кратных центральной

частоте рабочего диапазона. Применение фильтров нижних частот вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции. Благодаря несимметричной реализации фильтров нижних частот (внесению внутрь широких линии) дополнительно уменьшаются габаритные размеры устройства.

5 Для ответвителя, который делит мощность поровну между двумя выходами: $P_{\text{отв}}=0,5$

Вт, $P_{\text{вх}}=1$ Вт, тогда $k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}} = \sqrt{0,5/1} \cong 0,707$, для стандартного волнового сопротивления $R_1=50$ Ом входные сопротивления будут равны

$$10 \quad R_2 = R_1 / (\sqrt{k+1} - \sqrt{k}) = 50 / (\sqrt{0,707+1} - \sqrt{0,707}) \cong 110 \text{ Ом}$$

$$R_3 = R_1 \cdot k = 50 \cdot 0,707 = 35,35 \text{ Ом и } R_4 = R_1 \cdot \sqrt{k+1}/2 = 50 \cdot \sqrt{0,707+1}/2 \cong 33 \text{ Ом.}$$

15 Для подтверждения реализуемости выбранного технического решения, был изготовлен опытный образец полезной модели микрополоскового направленного ответвителя 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 0,7 дБ, в соответствии с данными на фиг. 2;
- 20 - разность фаз между основным и связанным каналами отличается от 90° не более чем на $\pm 3^\circ$, что показано на фиг. 3.

Площадь компактного ответвителя составляет 518 мм², что на 65% меньше площади, занимаемой стандартной конструкцией ответвителя.

25

(57) Формула полезной модели

1. Компактный четырехшлейфный направленный ответвитель, характеризующийся тем, что содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1 , шесть фильтров нижних частот, четыре микрополосковые линии передачи, первый, 30 третий, восьмой, десятый фильтры нижних частот с входными сопротивлениями R_2 и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, второй и девятый фильтры нижних частот с входным сопротивлением R_3 и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, четвертый и седьмой четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_4 , пятую и шестую 35 четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями R_5 , подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{\text{отв}}/P_{\text{вх}}}$, $P_{\text{отв}}$ - мощность, ответвленная в один из входов, $P_{\text{вх}}$ - мощность, подаваемая на вход направленного 40 ответвителя, где первый вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом устройства и первым входом четвертого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход первого фильтра нижних частот соединен с первым входом второй и пятого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход второго фильтра нижних частот соединен с первым входом третьей и шестого четвертьволнового отрезка линии 45 передачи, второй вход третьего фильтра нижних частот соединен с третьим входом устройства и первым входом седьмого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход седьмого четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с четвертым входом устройства и первым входом десятого фильтра нижних частот, второй вход

десятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом шестого четвертьволнового отрезка линии передачи и первым входом девятого фильтра нижних частот, второй вход девятого фильтра нижних частот соединен со вторым входом пятого четвертьволнового отрезка линии передачи и первым входом восьмого фильтра нижних частот, второй вход восьмого фильтра нижних частот соединен со вторым входом устройства и вторым входом четвертого четвертьволнового отрезка линии передачи.

2. Компактный четырехшлейфный направленный ответвитель по п. 1, отличающийся тем, что все фильтры нижних частот имеют несимметричное исполнение.

10

15

20

25

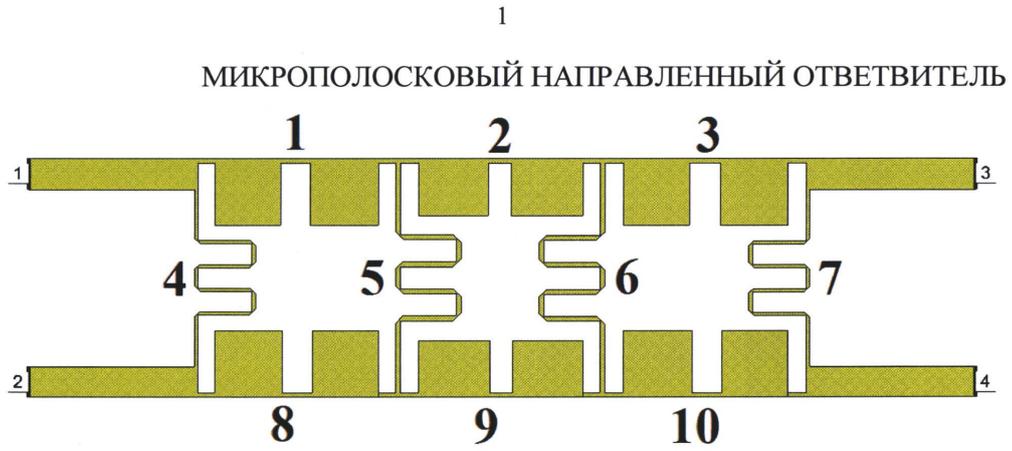
30

35

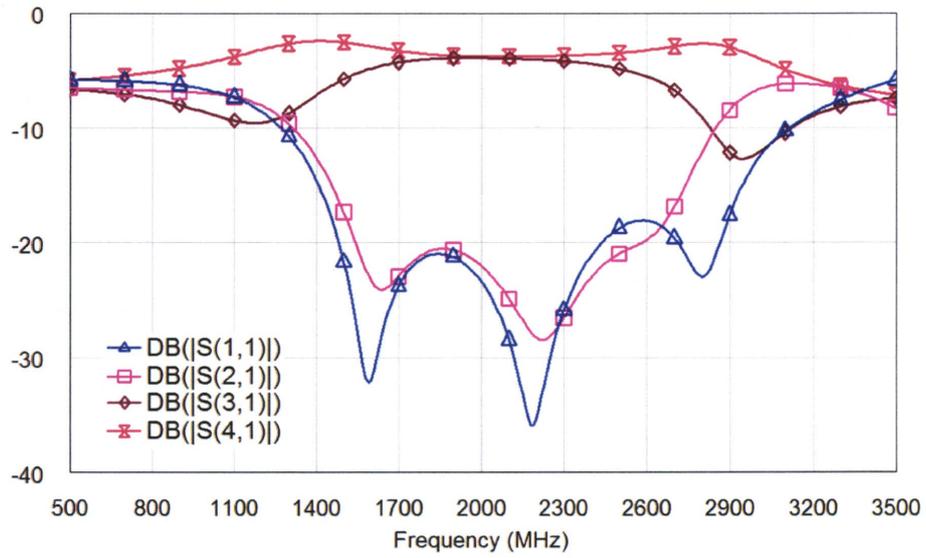
40

45

1



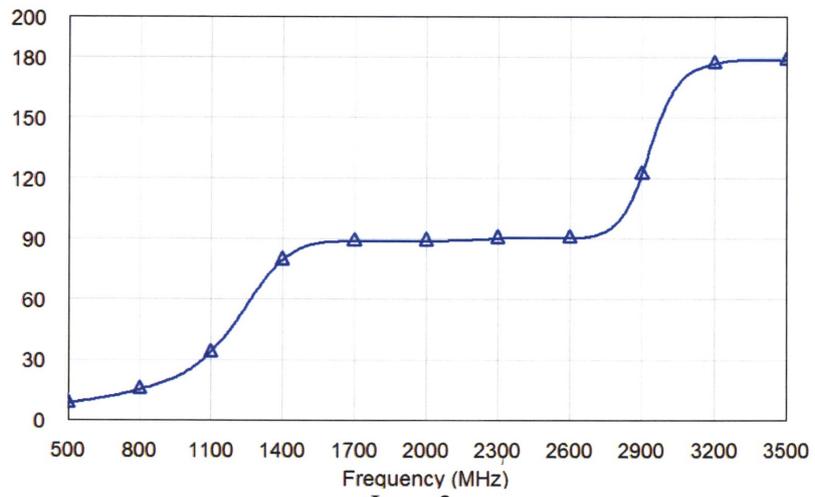
Фиг. 1



Фиг. 2

2

МИКРОПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ



Фиг. 3