РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **196 285**(13) **U1**

(51) МПК
H01P 5/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01P 5/18 (2019.08)

(21)(22) Заявка: **2019121661, 11.07.2019**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.07.2019

Дата регистрации:
21.02.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **11.07.2019**

(45) Опубликовано: **21.02.2020** Бюл. № **6**

Адрес для переписки:
620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ФГАОУ ВО "УФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина", Центр интеллектуальной собственности, Маркс Т.В.

(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)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2494502 C2, 27.09.2013. RU 180138 U1, 05.06.2018. US 7538635 B2, 26.05.2009. US 4127831 A1, 28.11.1978.**

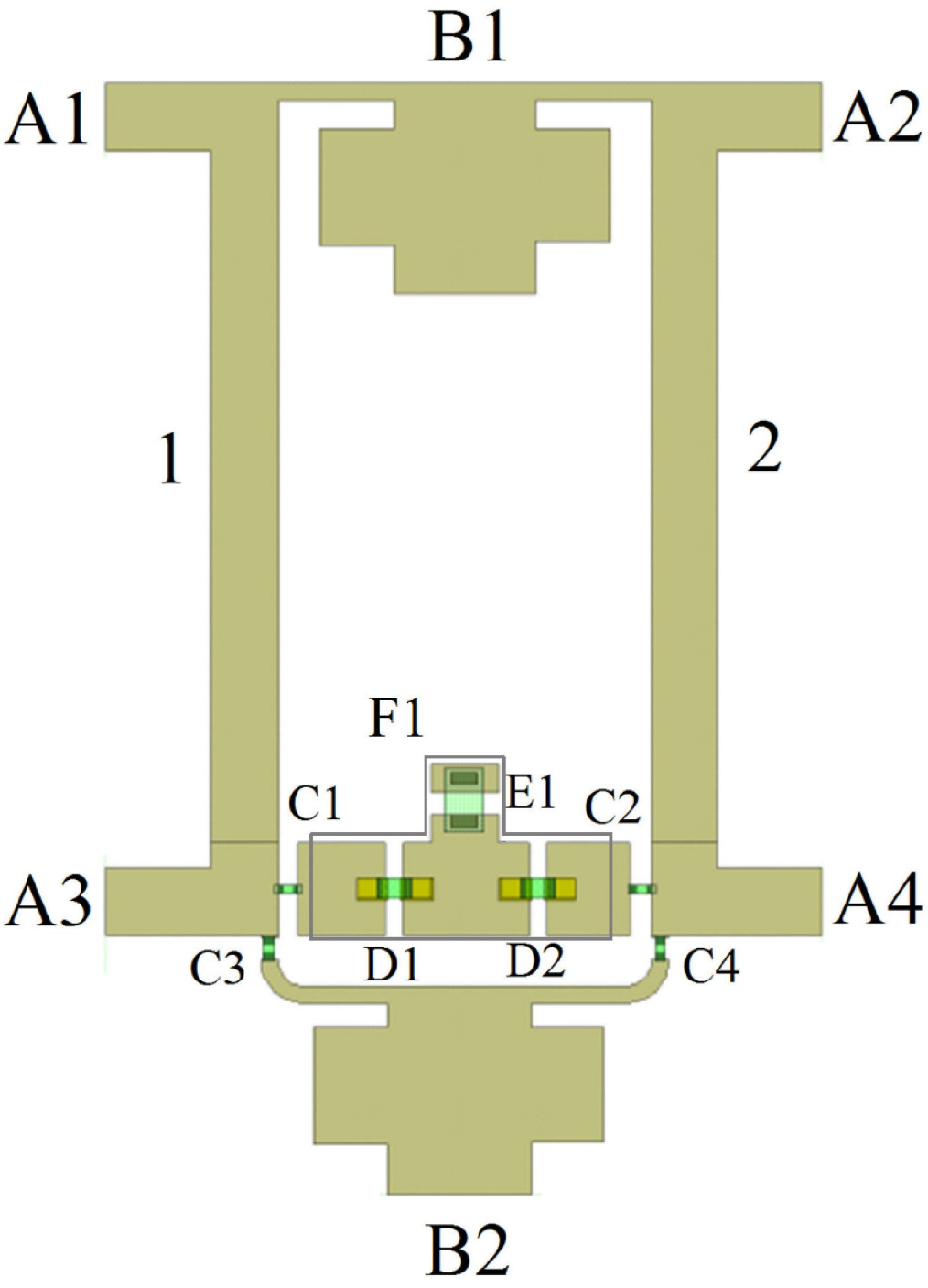
(54) МАЛОРАЗМЕРНЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к технике СВЧ, и направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей, подавление паразитных гармоник и переключение режима работы ответвителя с сонаправленного на противонаправленный. Техническим результатом является уменьшение габаритов, подавление паразитных гармоник и обеспечение возможности переключения режимов работы ответвителя. Направленный ответвитель содержит четыре входные линии передачи с волновым сопротивлением R_1, два фильтра нижних частот, две микрополосковой линии и один фильтр верхних частот. При этом первый вход фильтра нижних частот B1 соединен с входом A1 устройства и первым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход фильтра нижних частот B1 соединен с первым входом второго четвертьволнового отрезка линии передачи и входом A2 устройства, второй вход второго четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с входом A4 устройства и первым входом фильтра нижних частот B2, либо с первым входом фильтра верхних частот F1, и входом A3 устройства, второй вход первого четвертьволнового отрезка линии передачи соединен со вторым входом фильтра нижних частот B2, либо со вторым входом фильтра верхних частот F1. 3 ил.

RU 196285 U1

RU 196285 U1



Фиг. 1

RU 196285 U1

RU 196285 U1

Полезная модель относится к технике СВЧи может быть использовано 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 восьмиполюсник, 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.

Известен также микрополосковый направленный ответвитель, который содержит диэлектрическую подложку, одна поверхность которой металлизирована, а на другой две микрополосковые линии соединены на расстоянии четверти длины волны двумя четвертьволновыми шлейфами. (Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика – «Связь», 1971.-487с.). Устройство обеспечивает прохождение сигнала с входа основной линии на выход и ответвление части мощности, проходящей по основной линии передачи, на два выхода. Фазовый сдвиг напряжений на выходах такого ответвителя составляет 90°. Недостатками указанного микрополоскового направленного ответвителя являются: большие габаритные размеры, особенно на низких частотах, работа только в сонаправленном режиме, а также паразитные полосы пропускания на соседних частотах.

Полезная модель направлена на уменьшение габаритных размеров направленных ответвителей и добавление возможности переключения режимов работы ответвителя с сонаправленного на противонаправленный.

Новыми признаками заявляемого полезной модели является то, что в топологию направленного ответвителя введены два фильтра нижних частот и один фильтр верхних частот, выполняющих функции четвертьволновых отрезков, причем габариты фильтров выбираются из условия оптимального согласования. Переключение режимов работы ответвителя с сонаправленного на противонаправленный осуществляется подключением/отключением pin-диодов (подключается фильтр нижних частот, либо фильтр верхних частот).

Техническим результатом предлагаемой полезной модели является уменьшение габаритов, подавление паразитных гармоник и обеспечение возможности переключения режимом работы ответвителя.

Технический результат достигается за счет того, что направленный ответвитель, характеризующийся тем, что содержит четыре входные линии передачи с волновым

сопротивлением R_1, два фильтра нижних частот, две микрополосковой линии и один фильтр верхних частот, В1 и В2 фильтры нижних частот с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, первую и вторую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями $R_3 = R_1 \cdot k / \sqrt{1 - k^2}$, фильтр верхних частот F1 с входным сопротивлением $R_2 = R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 270° на центральной рабочей частоте, подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{отв} / P_{вх}}$, k – коэффициент ответвления мощности, $P_{отв}$ – мощность, ответвленная в один из входов, $P_{вх}$ – мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя, где первый вход фильтра нижних частот В1 соединен с входом А1 устройства и первым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход фильтра нижних частот В1 соединен, с первым входом второго четвертьволнового отрезка линии передачи и входом А2 устройства, второй вход второго четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с входом А4 устройства и первым входом фильтра нижних частот В2, либо первым входом фильтра верхних частот F1, и входом А3 устройства, второй вход первого четвертьволнового отрезка линии передачи соединен со вторым входом фильтра нижних частот В2, либо со вторым входом фильтра верхних частот F1.

Фильтр нижних частот, имеющий в необходимой полосе частот фазочастотную характеристику, совпадающую с фазочастотной характеристикой линии передачи с электрической длиной 90 градусов, обладает меньшей длиной по сравнению с ней. Фильтр верхних частот, имеющий в необходимой полосе частот фазочастотную характеристику, совпадающую с фазочастотной характеристикой линии передачи с электрической длиной 270 градусов, обладает меньшей длиной по сравнению с ней. Таким образом, использование фильтров вместо отрезков линий передачи позволяет уменьшить габаритные размеры устройства.

Сущность полезной модели поясняется фигурами, на которых изображено:

- на фиг. 1 - представлен пример выполнения направленного ответвителя, с фильтрами нижних и верхних частот, реализованного на диэлектрической подложке с относительной диэлектрической проницаемостью равной 4.4 и толщиной 1 мм; вид сверху, где А1, А2, А3, А4 - входы ответвителя; 1,2 – четвертьволновые отрезки; В1, В2 – фильтры нижних частот; фильтр верхних частот F1 состоящий из микрополосковых отрезков и чип конденсаторов D1, D2 и чип индуктивности Е1; С1, С2, С3, С4 – pin-диоды.

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

- на фиг. 3 - графики зависимости модулей S-параметров от частоты, выраженных в децибелах для противонаправленного режима работы;

Микрополосковый направленный ответвитель имеет четыре 50-омных входных линии передачи, состоит из двух четвертьволновых отрезков линии передачи, двух фильтров нижних частот и одного фильтра верхних частот в микрополосковом исполнении, подключенных друг к другу через тройники между входами А1 и А2, А1 и А3, А3 и А4, А2 и А4. При этом подключение фильтра верхних или нижних частот осуществляется с помощью pin-диодов С1, С2, С3, С4. При включении pin-диодов С1 и С2 осуществляется подключение фильтра верхних частот (противонаправленный режим работы), а при включении pin-диодов С3 и С4 осуществляется подключение фильтра нижних частот (сонаправленный режим работы). Фильтр верхних и нижних частот

могут быть выполнены, как на микрополосковых сегментах, так и на чип элементах.

Направленный ответвитель работает следующим образом.

Поступающая на вход А1 мощность высокочастотного сигнала (например, с рабочей частотой 2 ГГц) через фильтр нижних частот частично поступает на вход А2, частично ответвляется на вход А4. Подобная реализация, представленная на фиг. 1. При подключенном фильтре нижних частот ответвителя обеспечивает равное деление мощности и сонаправленный режим работы. За счет использования фильтров нижних частот и четвертьволновых отрезков, обеспечивающих фазовый набег 90°, вход А3 оказывается электрически развязанным на центральной рабочей частоте. Ввиду симметрии предлагаемого устройства, аналогичное рассуждение справедливо при подаче мощности на другие входы. При включении другой пары pin-диодов (подключении фильтра верхних частот, вместо фильтра нижних частот), изменяется режим работы ответвителя с сонаправленного на противонаправленный режим работы. Поступающая на вход А1 мощность высокочастотного сигнала через фильтр нижних частот частично поступает на вход А2, частично ответвляется на вход А3. При подключенном фильтре верхних частот ответвителя обеспечивает равное деление мощности и противонаправленный режим работы. За счет использования фильтра нижних частот и четвертьволновых отрезков, обеспечивающих фазовый набег 90°, а также фильтра верхних частот, обеспечивающий фазовый набег 270° вход А4 оказывается электрически развязанным на центральной рабочей частоте. Ввиду симметрии предлагаемого устройства, аналогичное рассуждение справедливо при подаче мощности на другие входы.

Для ответвителя, который делит мощность поровну между двумя выходами: $P_{отв}$ = 0,5 Вт, $P_{вх}$ = 1 Вт, тогда $k = \sqrt{P_{отв}/P_{вх}} = \sqrt{0,5/1} \cong 0,707$, для стандартного волнового сопротивления $R_1 = 50$ Ом входные сопротивления будут равны

$R_2 = R_1 \cdot k = 50 \cdot 0,707 = 35,35$ Ом и $R_3 = R_1 \cdot k / \sqrt{1-k^2} = 50 \cdot 0,707 / \sqrt{1-0,707^2} \cong 50$ Ом.

В качестве дополнительного преимущества предлагаемый ответвитель не имеет паразитных полос пропускания на частотах, кратных центральной частоте рабочего диапазона. Применение фильтров нижних и верхних частот вместо отрезков линии передачи позволяет осуществить эффективную миниатюризацию конструкции.

Практическое преимущество использования дополнительного фильтра верхних частот, подключаемого через pin-диоды, заключается в возможности изменять режим работы направленного ответвителя с сонаправленного на противонаправленным и наоборот.

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

- амплитудный разбаланс между основным и связанным каналами ответвителя не превышает 0,8 дБ, в соответствии с данными на фиг. 2 и фиг.3;

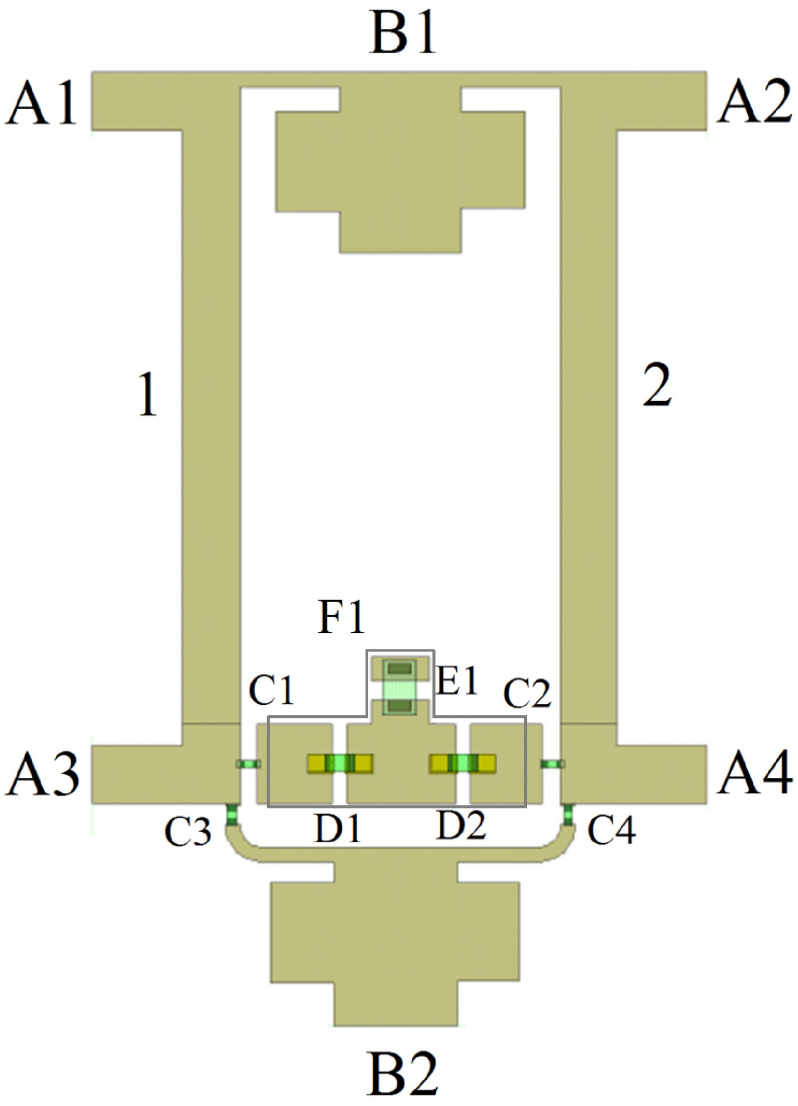
Площадь направленного ответвителя составляет 449.5 мм^2, что на 27% меньше площади, занимаемой стандартной конструкцией ответвителя с сонаправленным режимом работы.

(57) Формула полезной модели

Направленный ответвитель, характеризующийся тем, что содержит четыре входные

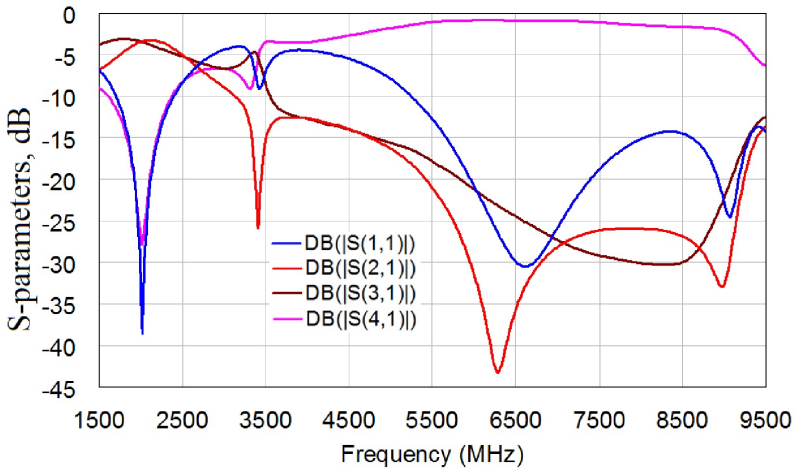
линии передачи с волновым сопротивлением R_1, два фильтра нижних частот, две микрополосковой линии и один фильтр верхних частот, B1 и B2 фильтры нижних частот с входными сопротивлениями $R_2 = R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 90° на центральной рабочей частоте, первую и вторую четвертьволновые микрополосковые линии передачи с входными сопротивлениями $R_3 = R_1 \cdot k / \sqrt{1 - k^2}$, фильтр верхних частот F1 с входным сопротивлением $R_2 = R_1 \cdot k$ и фазой коэффициента передачи 270° на центральной рабочей частоте, подключенные друг к другу через тройники, где $k = \sqrt{P_{отв} / P_{вх}}$, k – коэффициент ответвления мощности, $P_{отв}$ – мощность, ответвленная в один из входов, $P_{вх}$ – мощность, подаваемая на вход направленного ответвителя, где первый вход фильтра нижних частот B1 соединен с входом A1 устройства и первым входом первого четвертьволнового отрезка линии передачи, второй вход фильтра нижних частот B1 соединен с первым входом второго четвертьволнового отрезка линии передачи и входом A2 устройства, второй вход второго четвертьволнового отрезка линии передачи соединен с входом A4 устройства и первым входом фильтра нижних частот B2, либо первым входом фильтра верхних частот F1 и входом A3 устройства, второй вход первого четвертьволнового отрезка линии передачи соединен со вторым входом фильтра нижних частот B2, либо со вторым входом фильтра верхних частот F1.

1

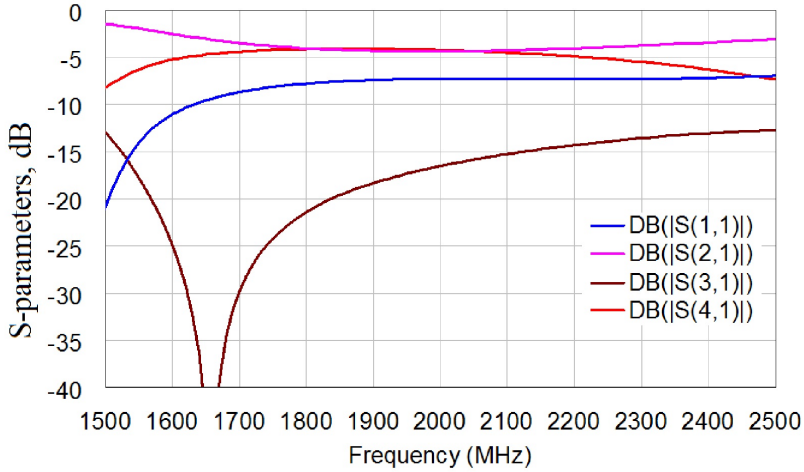


Фиг. 1

2


0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
S-parameters, dB
1500
2500
3500
4500
5500
6500
7500
8500
9500
Frequency (MHz)
DB(|S(1,1)|)
DB(|S(2,1)|)
DB(|S(3,1)|)
DB(|S(4,1)|)

Фиг. 2


0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
S-parameters, dB
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200
2300
2400
2500
Frequency (MHz)
DB(|S(1,1)|)
DB(|S(2,1)|)
DB(|S(3,1)|)
DB(|S(4,1)|)

Фиг. 3