



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015142489, 06.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.10.2015

Дата регистрации:  
26.12.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.10.2015

(45) Опубликовано: 10.01.2017 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

660037, г. Красноярск, пр. им. газеты  
Красноярский рабочий, 31, а/я 1075, СибГАУ,  
отдел интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Ходенков Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Сибирский государственный  
аэрокосмический университет имени  
академика М.Ф. Решетнева" (СибГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU2475900C1, 20.02.2013.  
RU2227350C2, 20.04.2004. RU2480866C1,  
27.04.2013. RU2480867C1, 27.04.2013.  
RU2504870C1, 20.01.2014. CN103094648A,  
08.05.2013.

**(54) МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и может быть использовано в селективных трактах приемных и передающих систем. Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр содержит диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое основание, а на вторую - нанесены электромагнитно связанные полосковые проводники: смещенные относительно друг друга протяженные широкие отрезки полосковых проводников, заземляемые на основание со стороны свободных концов, с противоположных - соединены между собой посредством протяженных отрезков полосковых

проводников, с внутренней стороны - соединены с отрезками протяженных узких полосковых проводников, дважды изогнутых под прямым углом, при этом вдоль по их периметрам, внутри каждого расположены свернутые П-образно отрезки полосковых проводников, заземляемые на основание со стороны свободных концов, соединенные с внешней стороны с ортогонально расположенными протяженными широкими отрезками полосковых проводников, являющихся портами фильтра. Изобретение обеспечивает расширение рабочей полосы пропускания и высокочастотной полосы заграждения, а также улучшение селективных свойств. 2 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015142489, 06.10.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**06.10.2015**

Registration date:  
**26.12.2016**

Priority:

(22) Date of filing: **06.10.2015**

(45) Date of publication: **10.01.2017** Bull. № 1

Mail address:

**660037, g. Krasnoyarsk, pr. im. gazety Krasnoyarskij  
rabochij, 31, a/ya 1075, SibGAU, otdel  
intellektualnoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Belyaev Boris Afanasevich (RU),  
Khodenkov Sergej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sibirskij gosudarstvennyj  
aerokosmicheskij universitet imeni akademika  
M.F. Reshetneva" (SibGAU) (RU)**

(54) **MICROSTRIP BANDPASS FILTER**

(57) Abstract:

FIELD: radio.

SUBSTANCE: invention relates to microwave equipment and can be used in selective circuits of receiving and transmitting systems. Microstrip bandpass filter comprises dielectric substrate, on one side of which grounded base is applied, and on second are electromagnetically coupled strip conductors are applied: displaced relative to each other elongated wide sections of strip conductors, grounded to base on free ends side, with opposite are connected to each other by means of strip conductors elongated sections, on inner

side are connected with elongated narrow strip conductors sections, double-bent at right angle, wherein, along their perimeters, inside of each folded U-shaped sections of strip conductors are arranged, grounded to base on free ends side, on outer side connected with orthogonally arranged elongated wide sections of strip conductors, which are filter ports.

EFFECT: invention provides expansion of operating bandwidth and high frequency rejection band, as well as selective properties improving.

1 cl, 2 dwg

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и может быть использовано в селективных трактах приемных и передающих систем.

Известен полосно-пропускающий фильтр (Патент РФ №2480867, Н01Р 1/203), содержащий диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое металлизированное основание, а на вторую сторону нанесен полосковый проводник, частично расщепленный продольной щелью с одного конца. Относительная длина нерасщепленного участка двухмодового резонатора составляет от 16% до 65% его длины. Полосно-пропускающий фильтр, состоящий из одного двухмодового шпилькового микрополоскового резонатора имеет две низкочастотные моды колебаний, одна из которых четная, а другая - нечетная. Для четной моды колебаний токи на расщепленном участке проводника по обе стороны щели текут в одном направлении и продолжают течь на нерасщепленном участке. Для нечетной моды токи на расщепленном участке текут в противоположных направлениях и отсутствуют на нерасщепленном участке.

В трехрезонаторном фильтре полоса пропускания формируют шесть резонансов, но подавление мощности около низкочастотного склона не превышает - 60 дБ, а около высокочастотного - -40 дБ. Во всех таких фильтрах ближайшая паразитная полоса пропускания фильтра располагается приблизительно на удвоенной частоте основной полосы пропускания. Затухание становится неприемлемо низким, когда относительная ширина полосы пропускания превышает приблизительно 40%.

Недостатком описанных полосно-пропускающих фильтров является узкая рабочая полоса пропускания и недостаточно высокая селективность вследствие слабого подавления мощности электромагнитных волн в низкочастотной и нерасширенной высокочастотной полосах заграждения.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков является микрополосковый полосно-пропускающий фильтр (Патент РФ №2475900, Н01Р 1/00, Н03Н 9/46), содержащий диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое основание, а на вторую сторону нанесены соединенные в замкнутую прямоугольную рамку, два полосковых проводника, имеющих разную ширину и два полосковых проводника, имеющих ступенчатое изменение ширины. На этой же стороне подложки параллельно длинным сторонам прямоугольной рамки нанесены полосковые проводники, электромагнитно связанные с замкнутой прямоугольной рамкой. Многомодовый режим работы микрополоскового резонатора осуществляется за счет особой формы проводников, конструктивно представляющих собой замкнутую прямоугольную рамку. Благодаря такому соединению полосковых проводников и их нерегулярностям можно сблизить частоты нижайших резонансов так, чтобы они сформировали первую полосу пропускания фильтра. Еще два резонанса, формирующих полосу пропускания, образуются на тех частотах, где суммарная электрическая длина (набег фазы) полосковых проводников рамки равна  $360^\circ$ .

К недостаткам прототипа относятся узкая рабочая полоса пропускания и недостаточно высокая селективность вследствие слабого подавления мощности электромагнитных волн в низкочастотной и высокочастотной полосах заграждения.

Задачей изобретения является расширение рабочей полосы пропускания и высокочастотной полосы заграждения, а также улучшение селективных свойств микрополоскового полосно-пропускающего фильтра.

Указанная задача решается благодаря тому, что в микрополосковом полосно-пропускающем фильтре, содержащем диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое основание, а на вторую - нанесены электромагнитно

связанные полосковые проводники, согласно техническому решению, смещенные относительно друг друга протяженные широкие отрезки полосковых проводников, заземляемые на основание со стороны свободных концов, с противоположных - соединены между собой соосными протяженными отрезками полосковых проводников, с внутренней стороны - соединены с отрезками протяженных узких полосковых проводников, дважды изогнутых под прямым углом, при этом вдоль по их периметрам, внутри каждого расположены свернутые П-образно отрезки полосковых проводников, представляющие собой протяженные узкие отрезки, заземляемые на основание со стороны свободных концов и соединенные между собой широким полосковым отрезком на другом конце, также с внешней стороны - соединенные с ортогонально расположенными протяженными широкими отрезками полосковых проводников, являющихся портами фильтра.

Техническим результатом изобретения является расширение рабочей полосы пропускания и высокочастотной полосы заграждения, а также улучшение селективных свойств за счет заявляемого расположения полосковых проводников на диэлектрической подложке.

Изобретение поясняется чертежами: Фиг. 1 - устройство заявляемого микрополоскового полосно-пропускающего фильтра, Фиг. 2 - измеренные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) изготовленного фильтра ( $S_{21}$ ,  $S_{11}$ ).

Заявляемый микрополосковый полосно-пропускающий фильтр (Фиг. 1) содержит диэлектрическую подложку 1, на одну сторону которой нанесено заземляемое основание 2, а на вторую - нанесены полосковые проводники: смещенные относительно друг друга по горизонтали и по вертикали протяженные (длина в несколько раз превышает ширину) широкие отрезки полосковых проводников 3, заземляемые на основание со стороны свободных концов, на противоположных - соединены между собой протяженными соосными отрезками полосковых проводников 4, 5, также с внутренней протяженной стороны каждый из них соединен с дважды изогнутыми под прямым углом отрезками протяженных узких полосковых проводников 6-8, при этом отрезки полосковых проводников электромагнитно связаны как между собой, так и с электромагнитно связанными отрезками полосковых проводников 9-12, представляющими собой П-образные, заземляемые на основание со стороны свободных концов параллельные протяженные узкие отрезки полосковых проводников 9 и 10, соединенных между собой с противоположной стороны широким полосковым отрезком 11, а с внешней стороны - с ортогонально расположенными протяженными широкими отрезками полосковых проводников 12, являющихся портами фильтра.

Принцип действия микрополоскового широкополосного полосно-пропускающего фильтра заключается в следующем. Заземляемые на основание 2 с противоположных сторон, расположенные на диэлектрической подложке 1, соединенные между собой отрезки полосковых проводников различной длины и ширины 3-8 представляют собой резонатор, который имеет четыре моды колебаний, резонансные частоты которых близки и участвуют в формировании рабочей полосы пропускания. Также полосу пропускания формируют еще два резонанса, по одному от каждого полуволнового резонатора, также представляющего собой размещенные на диэлектрической подложке, соединенные друг с другом и заземляемые на основание отрезки полосковых проводников 9-12. Таким образом, в фильтре используется два одномодовых и один четырехмодовый резонаторы.

В результате конструктивных особенностей используемых полосковых проводников, таких как их расположение и заземление на основание, расширяется рабочая полоса

пропускания фильтра, сформированная шестью резонансами (Фиг. 2) и высокочастотная полоса заграждения, а также увеличивается затухание электромагнитных волн на частотах полос заграждений.

5 Существенному увеличению подавления мощности на частотах высокочастотной полосы заграждения вблизи полосы пропускания способствует ортогональное расположение отрезков полосковых проводников 6 относительно отрезков 3. В результате, как видно из рисунка Фиг. 2, на АЧХ рядом с полосой пропускания наблюдаются полюс затухания сверхвысокочастотной (СВЧ) мощности, важно, что и вблизи низкочастотного склона полосы пропускания за счет электромагнитных связей 10 четырехмодового резонатора он также присутствует. При этом значительно повышается прямоугльность АЧХ. Происхождение полюсов затухания мощности связано с тем, что на этих частотах емкостная и индуктивная связи полосковых проводников взаимно компенсируют друг друга.

Пример выполнения: фильтр был изготовлен на подложке из традиционного 15 материала СВЧ техники (поликор) толщиной 1 мм с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=9.8$ . Конструктивные параметры фильтра были следующими: длина и ширина отрезков полосковых проводников четырехмодового резонатора в мм: (3) - 21.00×12.18, (4) - 9.13×3.70, (5) - 5.00×1.39, (6) - 8.71×0.19, (7) - 10.01×0.35, (8) - 3,54×0.30, соответственно. Длина и ширина отрезков полосковых проводников одномодовых резонаторов в мм: 20 (9) - 20.70×0.19, (10) - 20.70×0.20, (11) - 4.20×3.49, (12) - 6.33×3.09, соответственно. Зазоры между отрезками полосковых проводников (3) и (10) - 3.67 мм, (6) и (11) - 0.11 мм, (7) и (9) - 0.10 мм, (8) и (12) - 0.12 мм, соответственно. Площадь подложки, на которой расположены все полосковые проводники, составила 30.28×48.01 мм<sup>2</sup>.

25 Амплитудно-частотные характеристики прямых и обратных потерь (потерь на прохождение  $S_{21}$  и на отражение  $S_{11}$ ) заявляемого фильтра, снятые в широкой полосе частот, показаны на Фиг. 2. Фильтр имеет относительную ширину полосы пропускания  $\Delta f/f_0 \approx 60\%$ , измеренную по уровню -3 дБ от уровня минимальных потерь, которые составляли величину  $L_{\min} \approx 0.63$  дБ на центральной частоте полосы пропускания 30  $f_0 \approx 1.2$  ГГц. Преимуществами такого микрополоскового полосно-пропускающего фильтра являются наблюдаемые на АЧХ, расположенные рядом по частотам с рабочей полосой пропускания полюса затухания, которые значительно повышают крутизну ее склонов, а также сильное подавление мощности, превышающее -80 дБ на частотах 35 низкочастотной полосы заграждения (см. Фиг. 2), и превышающее -50 дБ в диапазоне частот (1.74-3.46) ГГц и -25 дБ в диапазоне частот (3.46-5.85) ГГц высокочастотной, значительно расширенной полосы заграждения. Это значительно улучшает селективные свойства устройства.

40 Таким образом, заявляемое устройство имеет более широкую рабочую полосу пропускания, а также лучшие частотно-селективные свойства, проявляющиеся в более сильном подавлении мощности электромагнитных волн на частотах низкочастотной и значительно расширенной высокочастотной полосах заграждения.

#### (57) Формула изобретения

45 Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр, содержащий диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое основание, а на вторую - нанесены электромагнитно связанные полосковые проводники, отличающийся тем, что смещенные относительно друг друга протяженные широкие отрезки полосковых проводников, заземляемые на основание со стороны свободных концов, с

противоположных - соединены между собой посредством протяженных отрезков  
полосковых проводников, с внутренней стороны - соединены с отрезками протяженных  
узких полосковых проводников, дважды изогнутых под прямым углом, при этом вдоль  
по их периметрам, внутри каждого расположены свернутые П-образно отрезки  
5 полосковых проводников, заземляемые на основание со стороны свободных концов,  
соединенные с внешней стороны с ортогонально расположенными протяженными  
широкими отрезками полосковых проводников, являющихся портами фильтра.

10

15

20

25

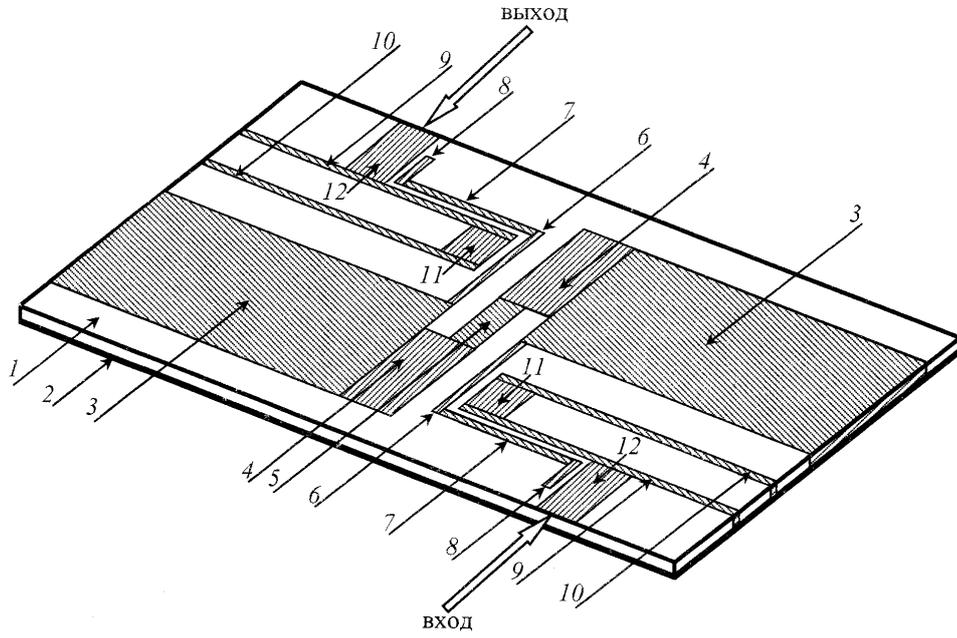
30

35

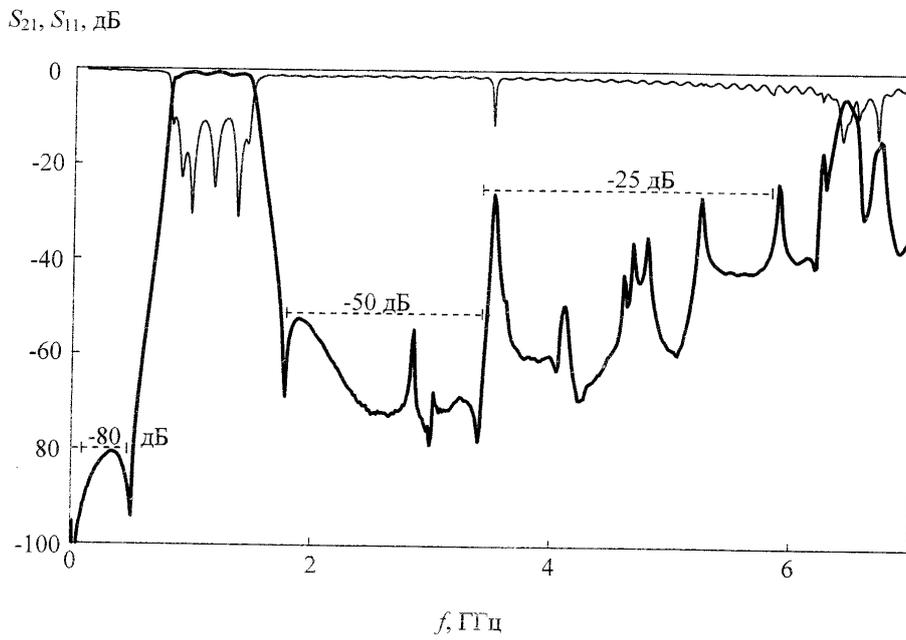
40

45

Микрополосковый  
полосно-пропускающий фильтр



Фиг. 1



Фиг. 2