



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01P 1/203 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022133021, 16.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.12.2022

Дата регистрации:
14.04.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 16.12.2022

(45) Опубликовано: 14.04.2023 Бюл. № 11

Адрес для переписки:
660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,
ФИЦ КНЦ СО РАН

(72) Автор(ы):

Боев Никита Михайлович (RU),
Волошин Александр Сергеевич (RU),
Шумилов Тимофей Юрьевич (RU),
Шабанов Дмитрий Александрович (RU),
Грушевский Евгений Олегович (RU),
Подшивалов Иван Валерьевич (RU),
Завьялов Ярослав Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр "Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук" (RU)

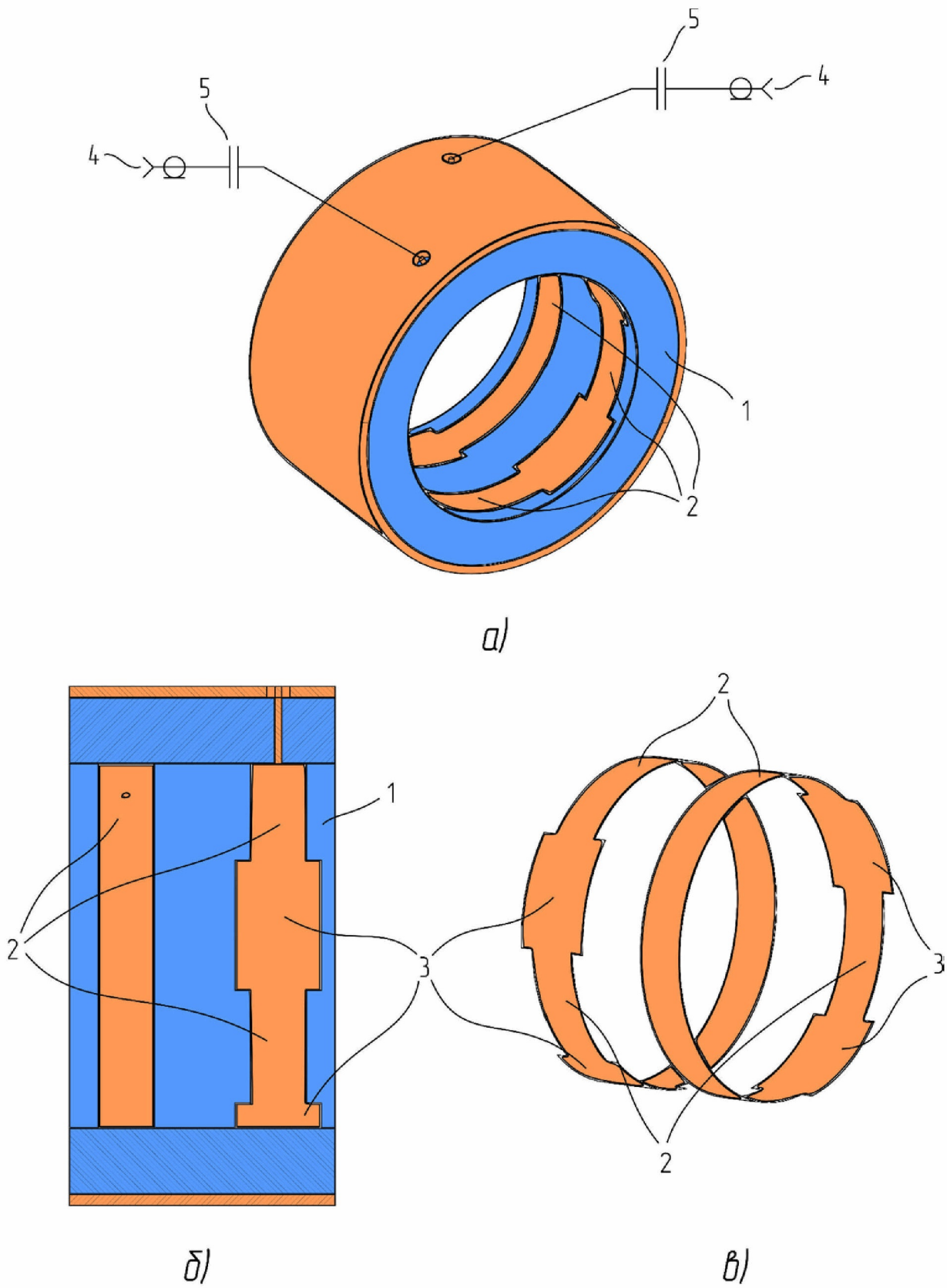
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Yabuki, H., Sagawa, M., Matsuo, M.,
& Makimoto, M. (1996). Stripline dual-mode ring
resonators and their application to microwave
devices. IEEE Transactions on Microwave Theory
and Techniques, 44(5), 723-729. doi:10.1109/
22.493926. JP 62260401 A, 12.11.1987. JP 63127601
A, 31.05.1988. US 6157274 A1, 05.12.2000. DE
69332343 T2, 05.06.2003. US (см. прод.)

(54) Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр на двухмодовых кольцевых резонаторах

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для фильтрации сигналов. Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр на двухмодовых кольцевых резонаторах содержит трубчатую диэлектрическую подложку, внешняя поверхность которой полностью металлизирована и является заземляемым основанием. На внутренней поверхности трубчатой подложки параллельно друг другу расположены полосковые металлические проводники резонаторов, которые

имеют форму кольца. Резонаторы имеют скачки ширины кольцевого полоскового проводника в виде прямоугольных выступов, изменением размеров которых достигают требуемой формы характеристики фильтра. При этом внешние линии передачи 4 с волновым сопротивлением 50 Ом подключены к кольцевым проводникам через сосредоточенные емкости. Техническим результатом изобретения является повышение избирательности и уменьшение вносимых потерь в полосе пропускания фильтра. 2 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):
6326865 B1, 04.12.2001. US 5172084 A1, 15.12.1992.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)

2 794 303⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
H01P 1/203 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01P 1/203 (2023.02)

(21)(22) Application: **2022133021, 16.12.2022**

(24) Effective date for property rights:
16.12.2022

Registration date:
14.04.2023

Priority:

(22) Date of filing: **16.12.2022**

(45) Date of publication: **14.04.2023** Bull. № 11

Mail address:
**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,
FITS KNTS SO RAN**

(72) Inventor(s):

**Boev Nikita Mikhailovich (RU),
Voloshin Aleksandr Sergeevich (RU),
Shumilov Timofei Iurevich (RU),
Shabanov Dmitrii Aleksandrovich (RU),
Grushevskii Evgenii Olegovich (RU),
Podshivalov Ivan Valerevich (RU),
Zavialov Iaroslav Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyi
issledovatel'skii tsentr "Krasnoiarskii nauchnyi
tsentr Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii
nauk" (RU)**

(54) **MICROSTRIP BANDPASS FILTER BASED ON TWO-MODE RING RESONATORS**

(57) Abstract:

FIELD: microwave technology.

SUBSTANCE: invention is intended for filtering signals. The microstrip bandpass filter based on two-mode ring resonators contains a tubular dielectric substrate, the outer surface of which is completely metallized and is a grounded base. On the inner surface of the tubular substrate, parallel to each other, there are strip metal conductors of the resonators, which have the shape of a ring. The resonators have jumps in the

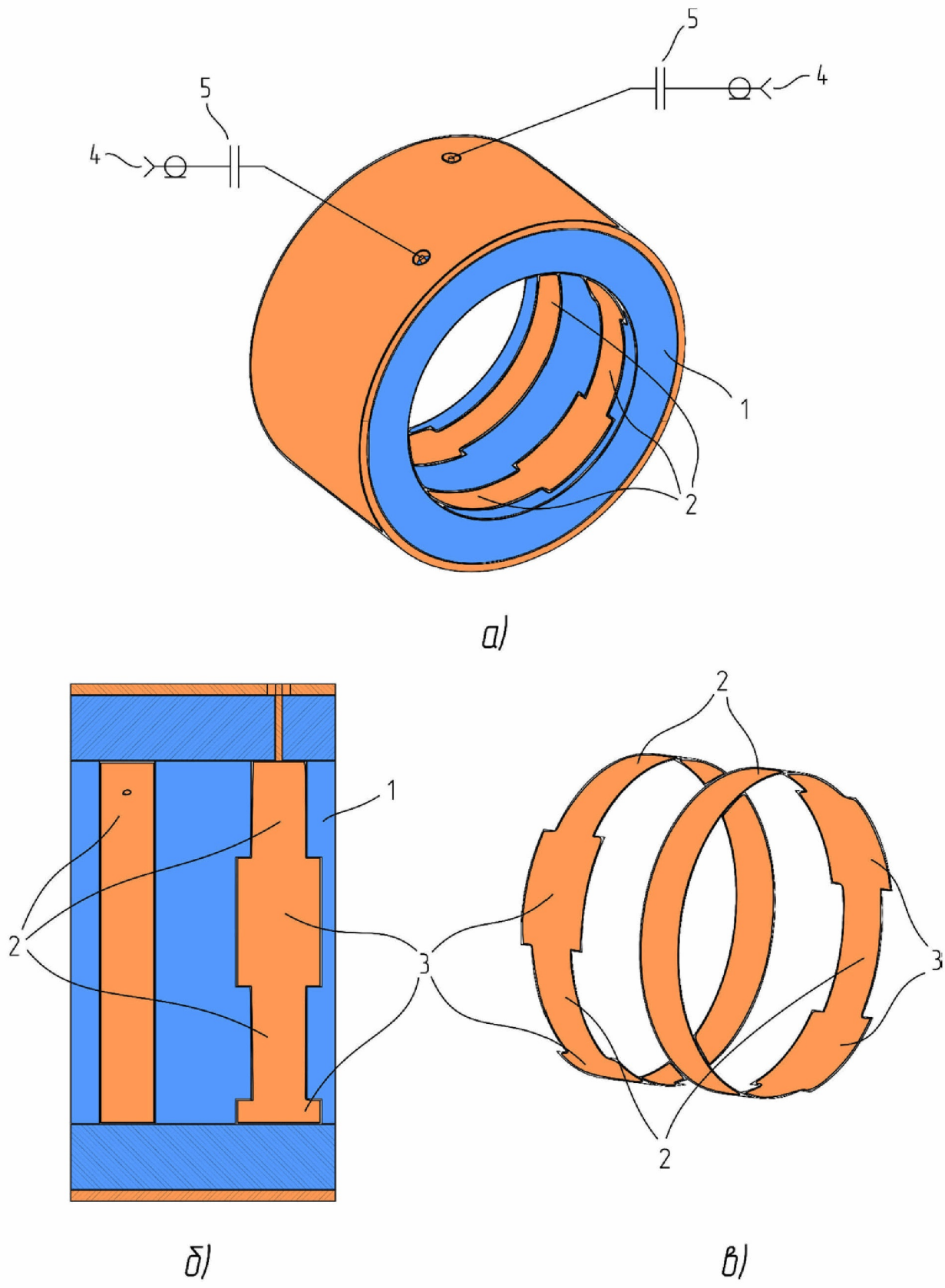
width of the annular strip conductor in form of rectangular protrusions, by changing the dimensions of which the required shape of the filter type is achieved. External transmission lines 4 with a characteristic impedance of 50 ohms are connected to the ring conductors through lumped capacitance.

EFFECT: increase of selectivity and reduction of introduced losses in the passband of the filter.

1 cl, 2 dwg

RU 2 794 303 C1

RU 2 794 303 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для частотной селекции сигналов.

Известна конструкция микрополоскового полосно-пропускающего фильтра на двухмодовых микрополосковых резонаторах [Беляев Б. А., Тюрнев В. В., Сержантов А. М. Полосно-пропускающий фильтр // Патент RU №2480867; Оpubл. 27.04.2013. – Бюл. № 12.]. Фильтр содержит диэлектрическую подложку, одна сторона которой полностью металлизирована экранирующим слоем, а на другой стороне расположены прямолинейные полосковые проводники резонаторов, частично расщепленные с одного конца продольной щелью, причем длина нерасщепленного участка проводника много больше его ширины. Фильтр обладает повышенными селективными свойствами, так как порядок фильтра, являющийся показателем его избирательности, у двухмодового фильтра вдвое больше, чем у одномодового фильтра с тем же числом резонаторов.

Недостатком известной конструкции фильтра является большое вносимое затухание в полосе пропускания, что связано с низкой собственной добротностью используемых микрополосковых резонаторов.

Известна конструкция микрополоскового полосно-пропускающего фильтра на двухмодовых кольцевых резонаторах [Hiroyuki Yabuki, Morikazu Sagawa, Michiaki Matsuo, and Mitsuo Makimoto, «Stripline Dual-Mode Ring Resonators and Their Application to Microwave Devices» // IEEE Transactions on microwave theory and techniques, Vol. 44, No. 5, May 1996, Pp. 723–729 (прототип)]. Фильтр содержит диэлектрическую подложку, одна сторона которой полностью металлизирована и является заземляемым основанием, а на вторую сторону подложки вместо заземляемого основания нанесен полосковый проводник, имеющий форму замкнутого кольца, представляющий собой двухмодовый резонатор. Полоса пропускания фильтра формируется двумя модами колебаний кольцевого микрополоскового резонатора, причем для ее изменения используется скачок ширины кольцевого полоскового проводника в виде прямоугольного выступа.

Недостатком конструкции-прототипа является низкая избирательность, которая обусловлена небольшим количеством резонансов, формирующих полосу пропускания (всего два), а также удаленностью нулей коэффициента передачи от краев полосы пропускания. Кроме того, фильтры такой конструкции с числом резонаторов два и более практически нереализуемы из-за крайне слабого электромагнитного взаимодействия микрополосковых кольцевых резонаторов.

Техническим результатом изобретения является повышение избирательности и уменьшение вносимых потерь в полосе пропускания фильтра.

Указанный технический результат достигается тем, что в микрополосковом полосно-пропускающем фильтре на двухмодовых кольцевых резонаторах, содержащем диэлектрическую подложку, одна поверхность которой полностью металлизирована и является заземляемым основанием, а на другой стороне расположены полосковые проводники резонаторов, имеющие форму замкнутого кольца, *новым является то, что подложка выполнена трубчатой, причем ее внешняя сторона полностью металлизирована, а на внутренней стороне трубчатой подложки параллельно друг другу расположены кольцевые полосковые проводники резонаторов.*

Существенным отличием заявляемого устройства от наиболее близкого аналога (конструкции-прототипа) является то, что диэлектрическая подложка является трубчатой. Внешняя поверхность подложки полностью металлизирована, а на внутренней поверхности параллельно друг другу располагаются кольцевые полосковые проводники резонаторов. За счет этого значительно увеличивается величина

электромагнитного взаимодействия резонаторов, что позволяет реализовывать многорезонаторные фильтры с высокой избирательностью и малым вносимым затуханием.

5 Таким образом, перечисленные выше отличительные от прототипа признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

10 Сущность изобретения поясняется с помощью следующих графических материалов. На Фиг. 1а показана конструкции заявляемого фильтра, на Фиг. 1б отображен вертикальный разрез, а на фиг. 1в изображены отдельно проводники резонаторов. На Фиг. 2 представлены рассчитанные частотные зависимости коэффициента передачи S_{21} и коэффициента отражения S_{11} фильтров четвертого порядка заявляемой и традиционной конструкций.

15 Заявляемый микрополосковый полосно-пропускающий фильтр на двухмодовых кольцевых резонаторах содержит (Фиг. 1) трубчатую диэлектрическую подложку 1, внешняя поверхность которой полностью металлизирована и является заземляемым основанием. На внутренней поверхности трубчатой подложки параллельно друг другу
20 расположены полосковые металлические проводники 2 резонаторов, которые имеют форму кольца. Резонаторы имеют скачки ширины кольцевого полоскового проводника в виде прямоугольных выступов 3, изменением размеров которых достигают требуемой формы характеристики фильтра. Внешние линии передачи 4с волновым сопротивлением $Z = 50$ Ом подключены к кольцевым проводникам через сосредоточенные емкости 5. Принципиальным отличием заявляемой конструкции фильтра (Фиг. 1) от конструкции
25 фильтра-прототипа является то, что диэлектрическая подложка 1 является трубчатой, причем внешняя ее поверхность полностью металлизирована, а на внутренней поверхности параллельно друг другу располагаются кольцевые полосковые проводники 2 резонаторов. Такое техническое решение значительно увеличивает величину электромагнитного взаимодействия кольцевых резонаторов и позволяет
30 реализовывать многорезонаторные фильтры с высокой избирательностью и малым вносимым затуханием.

Заявляемый микрополосковый полосно-пропускающий фильтр на двухмодовых кольцевых резонаторах работает следующим образом. Входная и выходная линии
35 передачи 4 подключаются к кольцевым проводникам 2 резонаторов через сосредоточенные емкости 5, как показано на Фиг. 1. Номинальная величина сосредоточенных емкостей 5 определяется заданным уровнем отражений в полосе пропускания фильтра. Сигналы, частоты которых попадают в полосу пропускания, проходят на выход фильтра с минимальными потерями, в то время как на частотах вне
40 полосы пропускания происходит отражение сигналов от входа устройства.

45 Заявляемый технический результат достигается следующим образом. Вследствие того, что микрополосковые резонаторы в фильтре заявляемой конструкции расположены параллельно друг другу их электромагнитное взаимодействие намного больше, чем в конструкции фильтра-прототипа. Это позволяет выполнять фильтры многорезонаторными, что повышает их селективные свойства. Кроме того, за счет параллельного расположения полосковых проводников резонаторов в заявляемой конструкции фильтра создаются дополнительные перекрестные связи, а значит и дополнительные каналы прохождения. В результате интерференции электромагнитных волн, проходящих по разным каналам, на определенных частотах возникает их

противофазное сложение, приводящее к образованию нескольких нулей коэффициентов передачи (полюсов затухания) на амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) фильтра. Наличие этих полюсов непосредственно вблизи полосы пропускания значительно повышает крутизну склонов АЧХ, т. е. улучшает избирательность устройства по сравнению с фильтром-прототипом.

Микрополосковые кольцевые резонаторы в заявляемой конструкции фильтра имеют более высокую собственную добротность по сравнению с микрополосковыми кольцевыми резонаторами фильтра-прототипа. Это объясняется тем, что распределение высокочастотных токов в поперечном сечении полоскового проводника объемного кольцевого резонатора в фильтре заявляемой конструкции является равномерным, в то время как в фильтре-прототипе плотность тока выше на внутренней стороне плоского кольца, чем на внешней. Это приводит к большим джоулевым потерям в кольцевом проводнике микрополоскового резонатора фильтра-прототипа и увеличивает вносимое затухание в полосе пропускания фильтра по сравнению с заявляемым фильтром при прочих равных условиях.

В подтверждение заявляемого технического результата на Фиг. 2 представлены соответствующие частотные зависимости коэффициента передачи $S_{21}(f)$ и коэффициента отражения $S_{11}(f)$ полосно-пропускающего фильтра заявляемой конструкции. Центральная частота полосы пропускания фильтра $f_0 = 577$ МГц, ее относительная ширина $\Delta f/f_0 = 15$ %. Максимальный уровень отражений в полосе пропускания фильтра не превышает значения $S_{11} = -30$ дБ. Зависимости рассчитаны при следующих конструктивных параметрах фильтра. Относительная диэлектрическая проницаемость подложки $\epsilon_r = 40$, ее толщина 5.8 мм. Ширина кольцевого полоскового проводника составляет 4.85 мм, при толщине металлизации всех проводников 18 мкм. В заявляемой конструкции добавлены две неоднородности в виде полосковых отрезков с увеличенной до 7.5 мм шириной полосковых проводников (выступов) протяженностью 23.5 мм. Неоднородные участки расположены друг от друга на расстоянии 35.8 мм вдоль окружности колец. Положение указанных нерегулярных участков на полосковых проводниках на одном кольце задано по часовой, а на другом – против часовой стрелки, при этом одно кольцо (со всеми элементами) повернуто по отношению к другому на угол 34° . Внешний радиус цилиндрической подложки равен 43.6 мм, а внутренний – 32 мм. Кольца расположены соосно, рядом друг с другом через зазор величиной 3.34 мм. Связь с внешними линиями передачи осуществляется через емкости связи величиной 90 пФ.

Для сравнения были также рассчитаны характеристики четырехрезонаторного фильтра традиционной конструкции на регулярных микрополосковых одномодовых резонаторах. На Фиг. 2 для такой конструкции показана частотная зависимость коэффициента передачи $S_{21}(f)$. Конструктивные параметры были аналогичны указанным выше за исключением зазоров, которые составили 7.73 мм (между парами крайних резонаторов) и 12.83 мм (между центральными резонаторами), при этом связь с внешними линиями осуществляется кондуктивно.

Из представленных на Фиг. 2 зависимостей амплитудно-частотных характеристик фильтра видно, что для заявляемой конструкции непосредственно вблизи полосы пропускания располагаются нули коэффициента передачи. Эти особенности значительно повышают крутизну склонов АЧХ. Как известно, важными параметрами, характеризующими частотно-селективные свойства полосно-пропускающих фильтров,

являются коэффициенты крутизны низкочастотного k_l и высокочастотного k_h склонов полосы пропускания, которые можно вычислить по формулам [Belyaev B. A., Leksikov A. A., Tyurnev V. V. Frequency-selective features of multisection filters based on regular microstrip resonators // Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 49 (11), 2004, Pp. 1315–1324]:

$$k_l = \frac{\Delta f/2}{\Delta f_{30}^l - \Delta f/2}, \quad k_h = \frac{\Delta f/2}{\Delta f_{30}^h - \Delta f/2}, \quad (2)$$

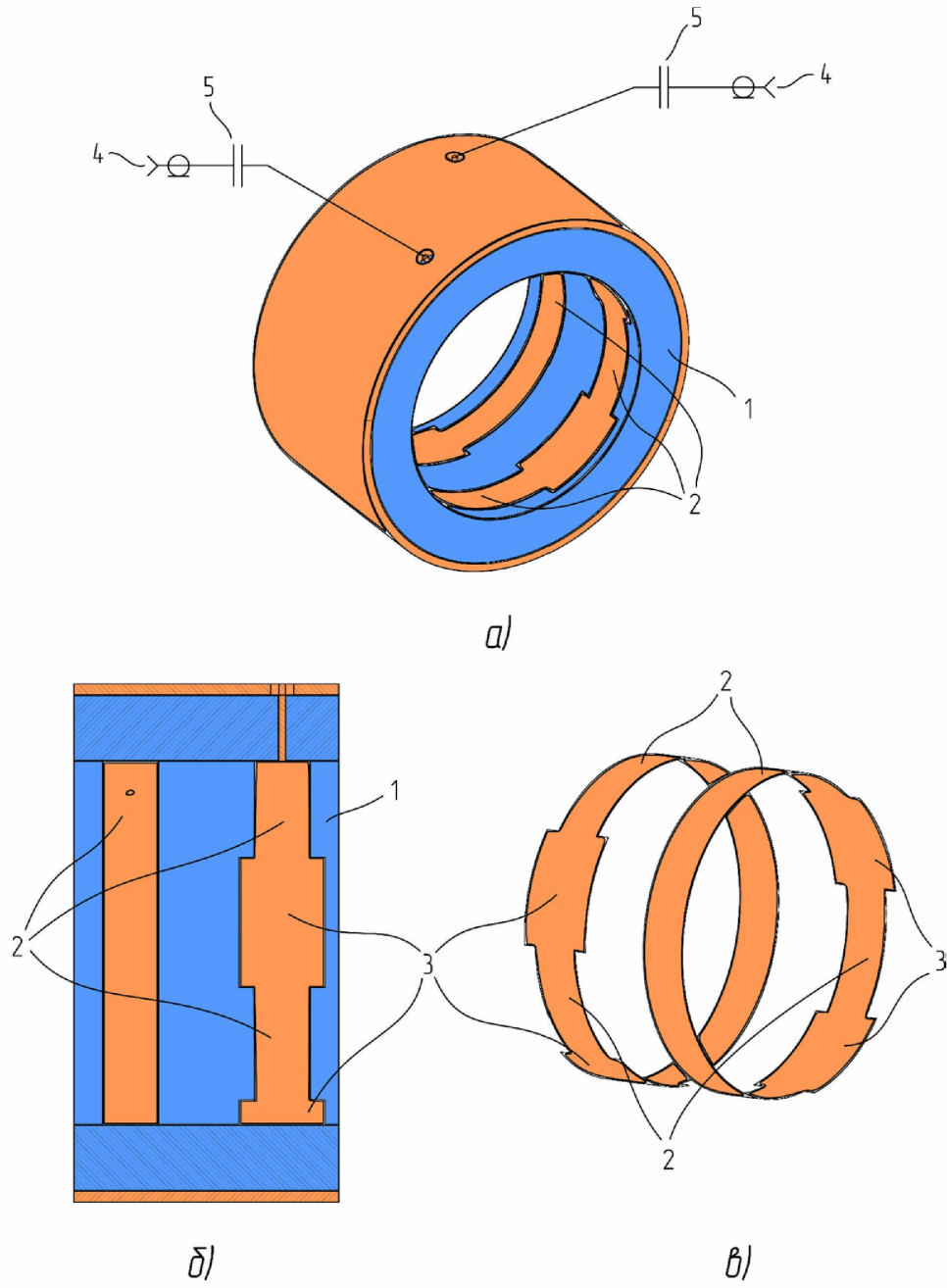
где Δf_{30}^l и Δf_{30}^h – полосы частот, измеренные от центральной частоты до низкочастотного или высокочастотного склона АЧХ по уровню –30 дБ. Для заявляемой конструкции (сплошные линии) эти коэффициенты оказались равными $k_l = 8.36$ и $k_h = 10.13$, в то время как в традиционной микрополосковой конструкции $k_l = 0.38$ и $k_h = 1.18$ (пунктирная линия 8 на Фиг. 2). Таким образом, заявляемая конструкция фильтра позволяет в несколько раз увеличить избирательность фильтра и уменьшить вносимое затухание в полосе рабочих частот, что подтверждает заявляемый технический результат.

(57) Формула изобретения

Микрополосковый полосно-пропускающий фильтр на двухмодовых кольцевых резонаторах, содержащий диэлектрическую подложку, одна поверхность которой полностью металлизирована и является заземляемым основанием, а на другой стороне расположены полосковые проводники резонаторов, имеющие форму замкнутого кольца, отличающийся тем, что подложка выполнена трубчатой, причем ее внешняя сторона полностью металлизирована, а на внутренней стороне трубчатой подложки параллельно друг другу расположены кольцевые полосковые проводники резонаторов.

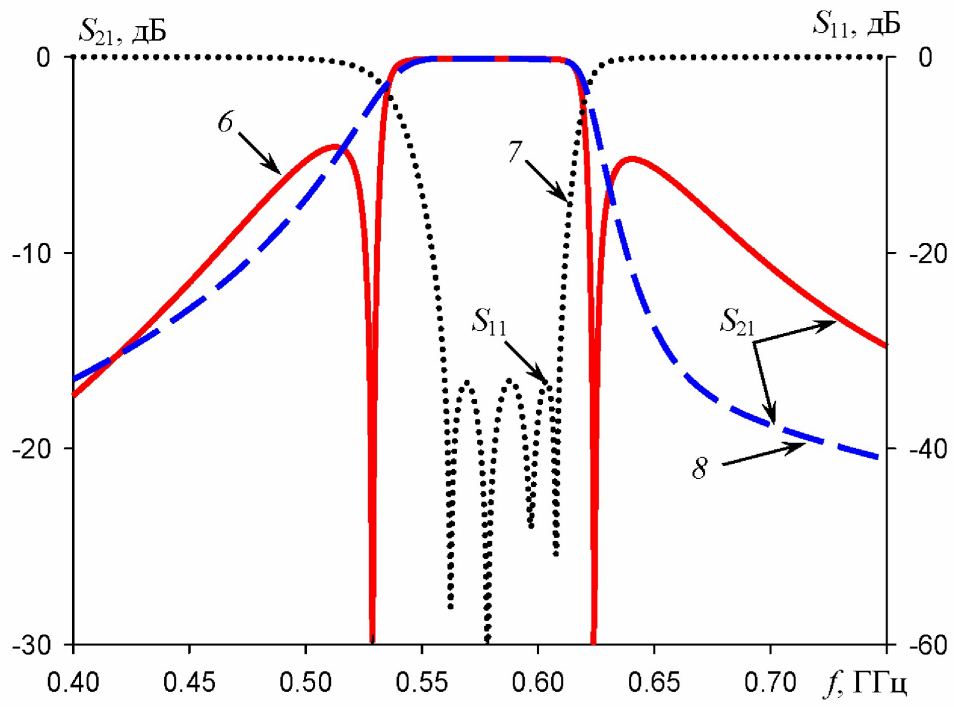
1

1/2



Фиг. 1

2



Фиг. 2