



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01P 1/203 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023104431, 28.02.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.02.2023

Дата регистрации:
05.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.02.2023

(45) Опубликовано: 05.07.2023 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, ул. Академгородок, 50,
ФИЦ КНЦ СО РАН

(72) Автор(ы):

Боев Никита Михайлович (RU),
Афонин Алексей Олегович (RU),
Лексиков Андрей Александрович (RU),
Бальва Ярослав Федорович (RU),
Завьялов Ярослав Борисович (RU),
Шумилов Тимофей Юрьевич (RU),
Александровский Александр Анатольевич
(RU),
Самсонов Максим Сергеевич (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: Лексиков А.А. Многослойные
многопроводниковые полосковые резонаторы
и устройства частотной селекции сигналов на
их основе: дис. докт. техн. наук: 1.3.4. -
Сибирский федеральный университет,
Красноярск, 2022. - 354 с. JP 10056308 A,
24.02.1998. JPH 05291802 A, 05.11.1993. US
6798319 B2, 28.09.2004. CN 101740842 A,
16.06.2010. RU 2562369 C1, (см. прод.)

(54) Монолитный полосковый фильтр с широкой полосой заграждения

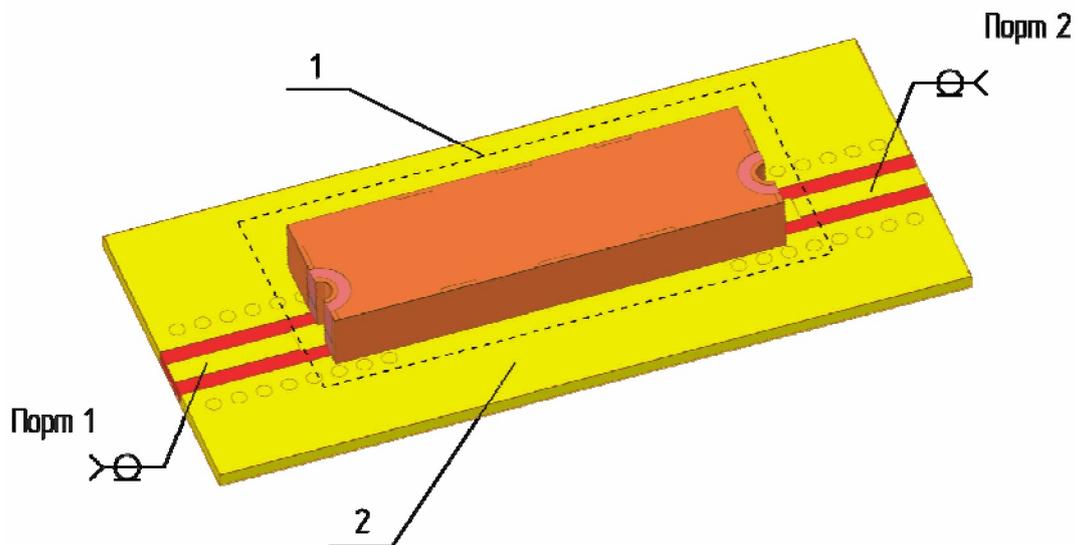
(57) Реферат:

Изобретение относится к СВЧ технике, в частности к фильтрам. Монолитный полосковый фильтр с широкой полосой заграждения, состоящий из соединенных методом прессования нескольких диэлектрических подложек, с расположенными на них металлическими полосковыми двухслойными проводниками резонаторов, между которыми расположен связующий слой препрега, а также экрана,

выполненного в виде слоя наружной металлизации. Один из металлических слоев в двухслойных проводниках каждого из резонаторов разделен поперечными щелями не менее чем на две части. Технический результат - увеличение протяженности полосы заграждения фильтров, изготовленных по технологии многослойных печатных плат. 6 ил.

RU 2 7 9 9 3 8 4 C 1

RU 2 7 9 9 3 8 4 C 1



Фиг. 1

(56) (продолжение):

10.09.2015. Zhang, J., Yang, R., & Zhang C. (2019). High-Performance Low-Pass Filter Using Stepped Impedance Resonator and Defected Ground Structure. *Electronics*, 8(4), 403. doi:10.3390/electronics8040403.

RU 2799384 C1

RU 2799384 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01P 1/203 (2023.02)

(21)(22) Application: **2023104431, 28.02.2023**

(24) Effective date for property rights:
28.02.2023

Registration date:
05.07.2023

Priority:

(22) Date of filing: **28.02.2023**

(45) Date of publication: **05.07.2023** Bull. № 19

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

(72) Inventor(s):

**Boev Nikita Mikhailovich (RU),
Afonin Aleksei Olegovich (RU),
Leksikov Andrei ALeksandrovich (RU),
Balva Iaroslav Fedorovich (RU),
Zavialov Iaroslav Borisovich (RU),
Shumilov Timofei Iurevich (RU),
Aleksandrovskii Aleksandr Anatolevich (RU),
Samsonov Maksim Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **MONOLITHIC STRIP-LINE FILTER WITH A WIDE STOPBAND**

(57) Abstract:

FIELD: SHF technology; filters.

SUBSTANCE: monolithic strip filter with a wide stopband, consisting of several dielectric substrates connected by pressing, with metal strip two-layer resonator conductors located on them, between which there is a prepreg bonding layer, as well as a screen made in the form of an external metallization layer. One

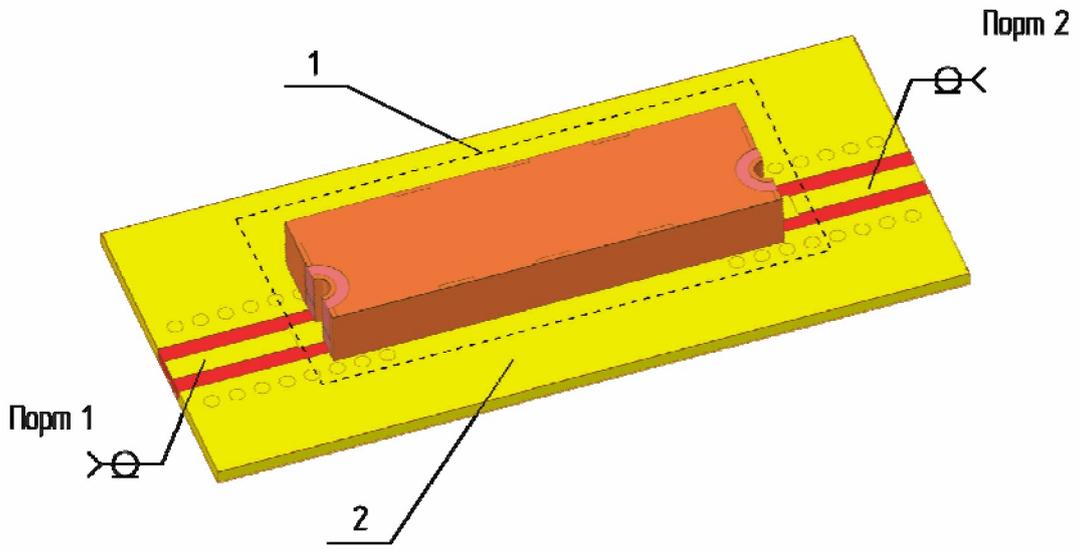
of the metal layers in the two-layer conductors of each of the resonators is divided by transverse slots into at least two parts.

EFFECT: increase in the length of the stopband of filters manufactured using the technology of multilayer printed circuit boards.

1 cl, 6 dwg

RU 2 799 384 C1

RU 2 799 384 C1



Фиг. 1

RU 2799384 C1

RU 2799384 C1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для создания устройств частотной селекции сигналов сверхвысоких частот, фильтров, диплексеров и др.

Известна конструкция полоскового резонатора и фильтра на его основе [Беляев Б.А., Изотов А.В., Лексиков А.А., Сержантов А.М., Сухин Ф.Г. Полосковый резонатор на двойной подвешенной подложке // Патент на полезную модель №99248, опубл. 10.11.2010, Бюл.№31]. Фильтр содержит две диэлектрические подложки, подвешенные между экранами корпуса, на обе поверхности которых нанесены полосковые металлические проводники резонаторов, электромагнитно связанные между собой и имеющие форму прямоугольника.

Фильтр характеризуется миниатюрностью, но имеет значительные недостатки при серийном производстве. Во-первых, процесс изготовления такого фильтра трудозатратен из-за необходимости использования большого количества паяных соединений и плохо совместим с автоматизированными процессами производства. Во-вторых, повторяемость характеристик фильтра оказывается низкой из-за необходимости применения ручного труда, снижающего точность изготовления, а также невозможности регулировки устройства без вскрытия корпуса-экрана.

Наиболее близким аналогом является полосковый фильтр, изготовленный по технологии многослойных печатных плат [Лексиков А.А. Многослойные многопроводниковые полосковые резонаторы и устройства частотной селекции сигналов на их основе: дисс. докт. техн. наук: 1.3.4. – Сибирский федеральный университет, Красноярск, 2022. – 354 с. (прототип)]. В таком фильтре для исключения влияния материала препрега на характеристики полосковых элементов в фильтре, изготавливаемом по технологии многослойных печатных плат посредством прессования диэлектрических подложек, все полосковые проводники резонаторов выполнены двухслойными, а препрег является диэлектрической прослойкой между этими слоями. При этом смежные концы двухслойных проводников с одной стороны замкнуты на экран, а с другой – разомкнуты. Поэтому электрическое поле в слое препрега отсутствует, так как напряжения на полосковых проводниках одинаковые, что практически исключает его влияние на характеристики резонатора. Это повышает собственную добротность резонаторов и улучшает повторяемость характеристик устройств при массовом изготовлении.

Недостатком устройства-прототипа является то, что протяженность его полосы заграждения быстро уменьшается при увеличении центральной частоты полосы пропускания.

Техническим результатом изобретения является увеличение протяженности полосы заграждения фильтров, изготовленных по технологии многослойных печатных плат.

Указанный технический результат достигается тем, что в монолитном полосковом фильтре с широкой полосой заграждения, состоящем из соединенных методом прессования нескольких диэлектрических подложек, с расположенными на них металлическими полосковыми двухслойными проводниками резонаторов, разделенными связующим слоем препрега, а также экрана, выполненного в виде слоя наружной металлизации, *новым является то, что* один из металлических слоев в двухслойных проводниках каждого из резонаторов разделен поперечными щелями не менее чем на две части.

Существенное отличие заявляемого фильтра от фильтра-прототипа заключается в том, что в двухслойных проводниках каждого из резонаторов один из металлических слоев выполнен из нескольких гальванически изолированных частей, причем соседние

части отделены друг от друга поперечной щелью. Благодаря этому в заявляемой конструкции фильтра не происходит возбуждение нежелательных резонансов, формирующих паразитные полосы пропускания в высокочастотной полосе заграждения, как это имеет место в фильтре-прототипе.

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 следующими рисунками. На Фиг. 1 изображена заявляемая конструкция монолитного полоскового фильтра, установленного на печатной плате. На Фиг. 2 показан внешний вид заявляемого устройства, а на Фиг. 3–5 показаны его составляющие. На Фиг. 6 приведены частотные зависимости коэффициента передачи заявляемого фильтра (сплошная линия) и фильтра прототипа (точки).

15 Заявляемый монолитный полосковый фильтр 1 (Фиг. 1) изготавливается по технологии многослойных печатных плат и размещается на печатной плате 2. Фильтр имеет (Фиг. 2) два порта 3 и снаружи покрыт слоем металлизации – экраном 4. Под экраном 4 расположены (Фиг. 3) две диэлектрические подложки 5, между которыми находится связующий препрег 6. На поверхностях двух диэлектрических подложек 5
20 располагаются (Фиг. 4) проводники 7 резонаторов, разделенные слоем препрега 6. Полосковые проводники 7 замкнуты на экран 4 (Фиг. 2) через общие земляные шины 8 (Фиг. 5). Один из металлических слоев двухслойных проводников 7 каждого из резонаторов выполнен из нескольких гальванически изолированных частей, которые отделены друг от друга поперечными щелями 9 (Фиг. 5а), а второй слой оставлен
25 целым (Фиг. 5б). На рисунке Фиг. 5в показан трехмерный вид металлических слоев двухслойных проводников резонаторов без слоя препрега 6.

Известно, что для создания полосно-пропускающих миниатюрных фильтров с высокой повторяемостью характеристик при массовом производстве, целесообразно
30 применять технологию многослойных печатных плат [Б.А. Беляев, А.М. Сержантов, Ан.А. Лексиков, Я.Ф. Бальва, Р.Г. Галеев. Монолитный миниатюрный полосно-пропускающий фильтр на многопроводниковых полосковых резонаторах // Письма в ЖТФ, 2021, том 47, вып. 13]. В то же время фильтрующие устройства, изготовленные по этой технологии, имеют ряд недостатков, главным из которых является низкая
35 повторяемость характеристик, обусловленная технологическими особенностями процесса прессования диэлектрических подложек. В процессе прессования толщина связующего слоя препрега, располагающегося между этими подложками, может неконтролируемо изменяться в относительно широких пределах, что, наряду с его
40 большими диэлектрическими потерями, ухудшает повторяемость и качество электрических характеристик фильтров. Решением указанной проблемы является использование полосковых резонаторов, в которых полосковые проводники выполнены двухслойными, например, как в фильтре-прототипе. Однако такое техническое решение обладает серьезным ограничением, связанным с тем, что на частотах сантиметрового
45 диапазона длин волн (более 3 ГГц) фильтры на основе таких резонаторов имеют узкую высокочастотную полосу заграждения, протяженность которой резко уменьшается с ростом центральной частоты полосы пропускания фильтров. Заявляемое техническое решение позволяет значительно расширить полосу заграждения полоскового полосно-пропускающего фильтра, изготавливаемого по технологии многослойных печатных плат, по сравнению с конструкцией фильтра-прототипа.

Монолитный полосковый фильтр с широкой полосой заграждения работает следующим образом. Входная и выходная линии передачи подключаются к устройству как показано на Фиг. 1. Расстояние от заземленных концов полосковых проводников резонаторов до точек подключения внешних линий передачи определяется заданным
5 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 полосы пропускания происходит отражение сигналов от входа устройства.

Заявляемый технический результат достигается следующим образом. Благодаря
10 тому, что в двухслойных проводниках 7 каждого из резонаторов (Фиг. 5) один из металлических слоев выполнен из нескольких гальванически изолированных частей, не происходит возбуждение нежелательных резонансов, формирующих паразитные полосы пропускания, как это имеет место в фильтре-прототипе. Действительно, каждый из полосковых двухслойных проводников резонаторов имеет два типа колебаний,
15 которые отличаются направлением токов в металлических проводниках. Рабочую полосу пропускания фильтра формируют высокочастотные четные колебания, которые соответствуют одинаково направленным высокочастотным токам в двухслойных полосковых проводниках резонатора и одинаковым знакам высокочастотных напряжений на их разомкнутых концах. Нечетная мода колебаний соответствует
20 встречно направленным высокочастотным токам в двухслойных полосковых проводниках резонатора и противоположным знакам высокочастотных напряжений на их разомкнутых концах. При низких частотах центральной частоты полосы пропускания фильтра (ниже 3 ГГц), частота нечетной моды находится далеко от полосы пропускания фильтра и не влияет на характеристики полосы заграждения, этому
25 способствует также низкая добротность нечетной моды. На высоких же частотах добротность нечетной моды возрастает, а ее частотное положение приближается к рабочей полосе частот фильтра, что значительно уменьшает протяженность и глубину высокочастотной полосы заграждения. Заявляемая конструкция фильтра свободна от
30 указанного недостатка, так как из-за наличия поперечных щелей на одном из металлических слоев двухслойного проводника резонатора нечетная мода колебаний имеет низкую собственную добротность, а ее частота значительно выше частот полосы пропускания фильтра.

Для подтверждения заявляемого технического результата на Фиг. 6 представлены частотные зависимости коэффициента передачи пятирезонаторного фильтра заявляемой
35 конструкции 10 и фильтра-прототипа 11, которые имеют одинаковые конструктивные параметры. Расчет проведен электродинамическим анализом 3D-моделей фильтров в пакете программ «CST Studio Suite». Фильтр выполнен на основе двух диэлектрических подложек из материала RO4350BTM с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3.66$. Толщина первой подложки составляет 1.44 мм, а второй подложки 0.762 мм.
40 Подложки соединены между собой слоем препрега толщиной 0.086 мм. Внешние поверхности подложек металлизированы и выполняют функцию корпуса-экрана. Двухслойные полосковые проводники толщиной 18 мкм разделены диэлектрическим слоем препрега и закорочены с одной стороны смежными концами на экран в каждом резонаторе фильтра. Один из металлических слоев в двухслойных проводниках каждого
45 из резонаторов разделен двумя щелями на три гальванически изолированные части. Ширина полосковых проводников всех резонаторов 2 мм, их длина 3.7 мм. Габариты фильтра с учетом толщины наружной металлизации составляют $18 \times 9 \times 2.4 \text{ мм}^3$. Как видно из Фиг. 6, заявляемая конструкция фильтра имеет значительно более широкую

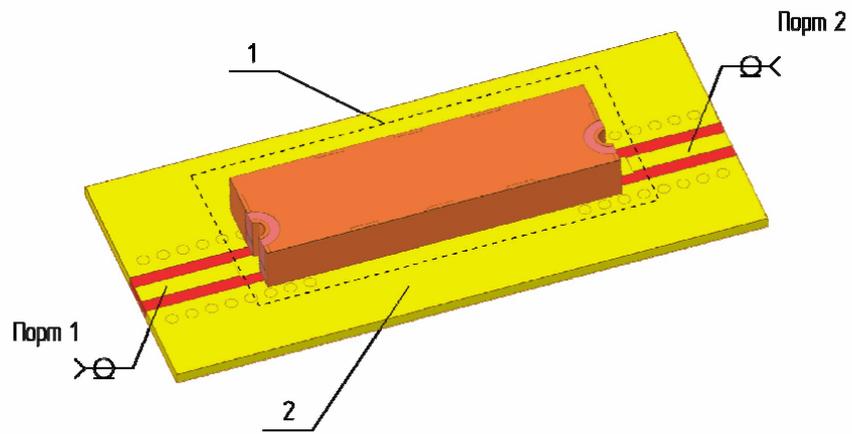
полосу заграждения по сравнению с фильтром-прототипом при прочих равных условиях. Так для центральной полосы пропускания фильтров $f_0 = 9.5$ ГГц протяженность полосы заграждения по уровню затухания 40 дБ в фильтре-прототипе составила 0.4 ГГц, а в фильтре заявляемой конструкции 4 ГГц, что на порядок больше и подтверждает заявляемый технический результат.

(57) Формула изобретения

Монолитный полосковый фильтр с широкой полосой заграждения, состоящий из соединенных методом прессования нескольких диэлектрических подложек, с расположенными на них металлическими полосковыми двухслойными проводниками резонаторов, между которыми расположен связующий слой препрега, а также экрана, выполненного в виде слоя наружной металлизации, отличающийся тем, что один из металлических слоев в двухслойных проводниках каждого из резонаторов разделен поперечными щелями не менее чем на две части.

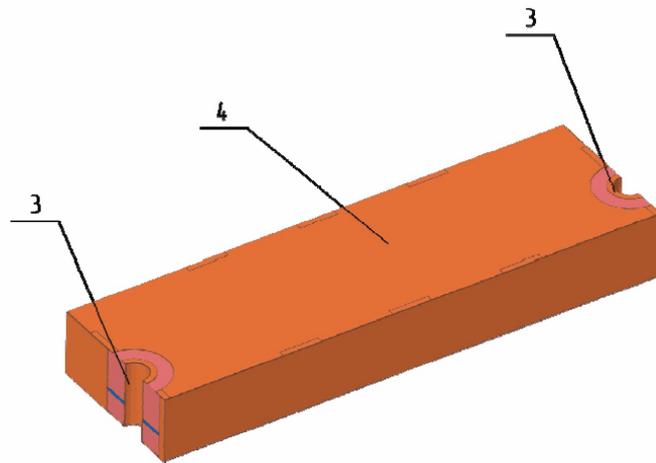
1

1/6

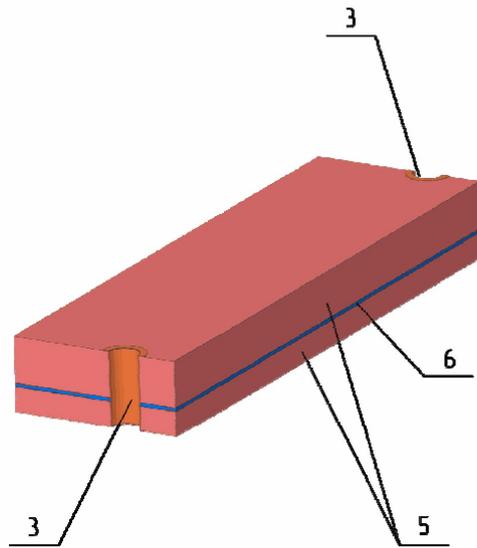


Фиг. 1

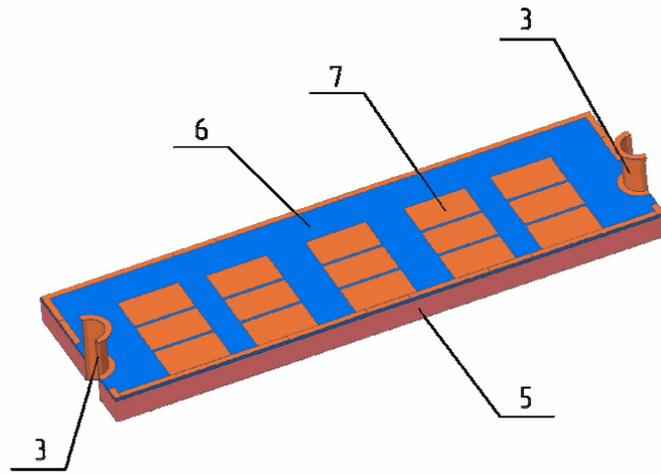
2



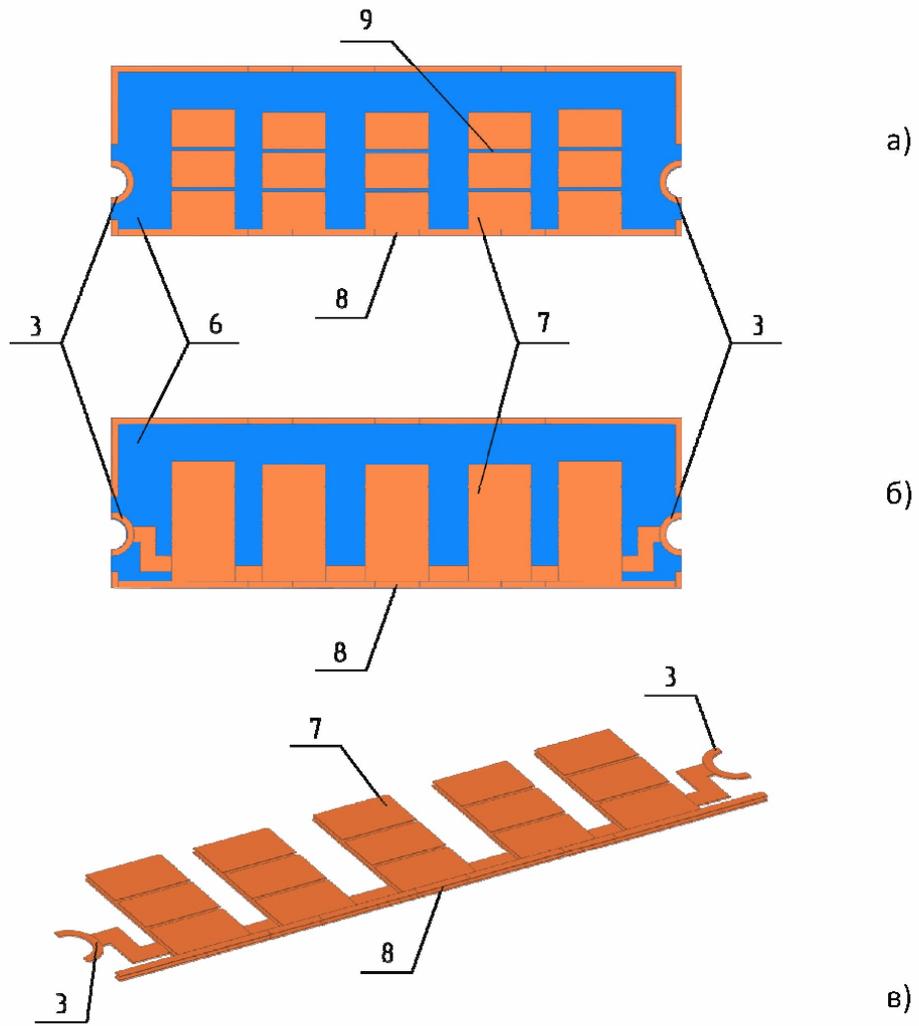
Фиг. 2



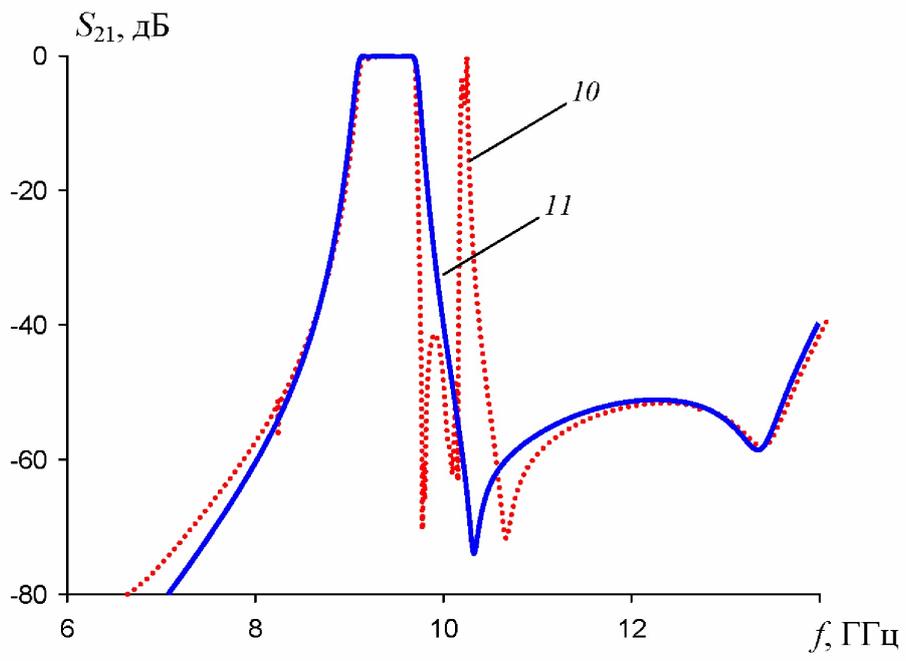
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6