



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011147002/08, 18.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.11.2011

(45) Опубликовано: 27.04.2013 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2402121 С1, 20.10.2010. RU 2259619 С2,  
27.08.2005. RU 2227350 С2, 20.04.2004. RU  
2237320 С1, 27.09.2004. US 7629867 В2,  
08.12.2009. US 2010/0164651 А1, 01.07.2010.

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, 50,  
стр.38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

**Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Тюрнев Владимир Вениаминович (RU),  
Сержантов Алексей Михайлович (RU)**

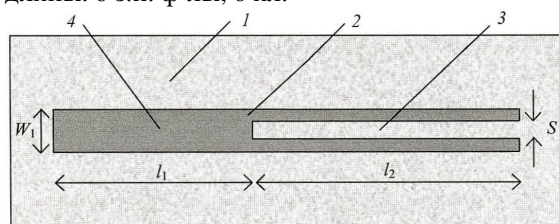
(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт физики им. Л.В.  
Киренского Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИФ СО РАН)  
(RU)****(54) ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для частотной селекции сигналов. Техническим результатом изобретения является упрощение конструкции и улучшение селективных свойств фильтра. Полосно-пропускающий фильтр, 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, отличающийся тем, что длина нерасщепленного участка полоскового проводника составляет от 16% до 65% его длины. 6 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

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

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011147002/08, 18.11.2011**

(24) Effective date for property rights:  
**18.11.2011**

Priority:

(22) Date of filing: **18.11.2011**

(45) Date of publication: **27.04.2013 Bull. 12**

Mail address:

**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str.38,  
IF SO RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Beljaev Boris Afanas'evich (RU),  
Tjurnev Vladimir Veniaminovich (RU),  
Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut fiziki im. L.V.  
Kirenskogo Sibirskogo otdelenija Rossijskoj  
akademii nauk (IF SO RAN) (RU)**

**(54) PASS BAND FILTER**

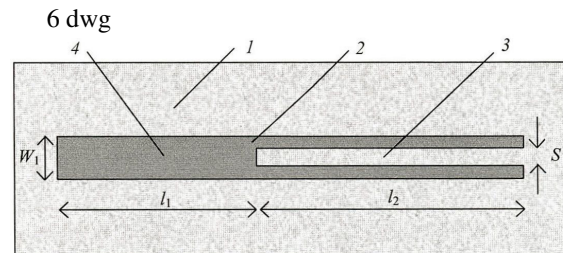
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: pass band filter comprising a dielectric substrate, on one side of which a grounded metallised base is applied, and a strip conductor is applied onto the second side, partially split with a longitudinal slot at one end, differing by the fact that the length of the non-split section in the strip conductor makes from 16% to 65% of its length.

EFFECT: simplified design and improved

selective properties of a filter.



Фиг. 1

RU 2 480 867 C1

RU 2 480 867 C1

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

Известен шпильковый полосно-пропускающий микрополосковый фильтр, содержащий диэлектрическую подложку, одна сторона которой металлизирована и выполняет функцию заземляемого основания, а на вторую нанесены П-образные полосковые проводники с разомкнутыми концами, образующие электромагнитно связанные резонаторы [J.S.Wong. Microstrip tapped-line filter design // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1979, Vol.27, No 1, PP.44-50].

Недостатком такого фильтра являются низкие селективные свойства, связанные с невозможностью работы его резонаторов в двухмодовом режиме, при котором сразу две низкочастотные моды колебаний резонатора вовлечены в формирование совместной полосы пропускания фильтра.

Известен шпильковый полосно-пропускающий микрополосковый фильтр, содержащий диэлектрическую подложку, одна сторона которой металлизирована и выполняет функцию заземляемого основания, а на вторую нанесены П-образные полосковые проводники со скачком ширины на изгибе и замкнутым на заземляемое основание широким концом, образующие электромагнитно связанные двухмодовые резонаторы [Патент RU №2182738, МКИ<sup>7</sup> H01P 1/203, 1/205, бюл. №14 от 20.05.2002].

Недостатком такого фильтра является сложность конструкции, заключающаяся в необходимости замыкания широкого конца резонатора на заземляемое основание для обеспечения двухмодового режима работы.

Наиболее близким аналогом является шпильковый полосно-пропускающий микрополосковый фильтр, содержащий диэлектрическую подложку, одна сторона которой металлизирована и выполняет функцию заземляемого основания, а на вторую нанесены П-образные полосковые проводники, образующие электромагнитно связанные двухмодовые резонаторы, средняя часть которых соединена с заземляемым основанием отрезком полосковой линии [Патент RU №2227350, МКИ<sup>7</sup> H01P 1/203, бюл. №11 от 20.04.2004 (прототип)].

Недостатком шпилькового полосно-пропускающего микрополоскового фильтра является сложность конструкции, заключающаяся в необходимости замыкания средней части резонаторов на заземляемое основание для обеспечения двухмодового режима работы.

Техническим результатом изобретения является упрощение конструкции и улучшение селективных свойств фильтра.

Технический результат достигается тем, что в полосно-пропускающем фильтре, содержащем диэлектрическую подложку, на одну сторону которой нанесено заземляемое металлизированное основание, а на вторую сторону нанесен полосковый проводник, частично расщепленный продольной щелью с одного конца, новым является то, что длина нерасщепленного участка полоскового проводника составляет от 16% до 65% его длины.

А также тем, что полосно-пропускающий фильтр содержит  $n$  электромагнитно связанных шпильковых микрополосковых резонаторов, описанных выше, где  $n=1, 2, 3, 4 \dots$

А также тем, что для каждого его резонатора длина нерасщепленного участка меньше длины, при которой выравниваются частоты четных и нечетных колебаний.

А также тем, что для каждого его резонатора длина нерасщепленного участка больше длины, при которой выравниваются частоты четных и нечетных колебаний.

А также тем, что для одной части его резонаторов длина нерасщепленного участка

меньше длины, при которой выравниваются частоты четных и нечетных колебаний, и больше для другой части резонаторов.

А также тем, что нерасщепленные участки всех резонаторов фильтра расположены один напротив другого.

А также тем, что в каждой паре смежных резонаторов фильтра нерасщепленный участок одного резонатора расположен напротив расщепленного участка другого резонатора.

Отличие заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключается в том, что относительная длина нерасщепленного участка двухмодового резонатора составляет от 16% до 65% его длины. Варьирование этой величины в указанных пределах позволяет регулировать разность частот четных и нечетных мод колебаний резонаторов и тем самым управлять относительной шириной полосы пропускания двухмодового фильтра, это позволяет сделать вывод о соответствии заявляемых технических решений критерию «новизна».

Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Сущность изобретений поясняется графическими материалами.

На фиг.1 изображен двухмодовый шпильковый микрополосковый резонатор.

На фиг.2 изображена эквивалентная схема двухмодового резонатора.

На фиг.3 изображена зависимость резонансных частот четных ( $f_e$ ) и нечетных ( $f_o$ ) низкочастотных колебаний двухмодового резонатора от длины нерасщепленного участка ( $l_1$ ).

На фиг.4 изображены два альтернативных способа выполнения однорезонаторного полосно-пропускающего фильтра и отвечающие им частотные характеристики.

На фиг.5 изображены два примера выполнения двухрезонаторного полосно-пропускающего фильтра и отвечающие им частотные характеристики.

На фиг.6 изображены два примера выполнения трехрезонаторного полосно-пропускающего фильтра и отвечающие им частотные характеристики.

Полосно-пропускающий фильтр состоящий из одного двухмодового шпилькового микрополоскового резонатора (фиг.1) содержит диэлектрическую подложку (7), одна сторона которой металлизирована и выполняет функцию заземляемого основания, а на вторую нанесен прямолинейный полосковый проводник (2), частично расщепленный с одного конца продольной щелью (3). При этом относительная длина нерасщепленного участка (4) составляет от 16% до 65% его длины и служит настроенным конструктивным параметром.

Полосно-пропускающий фильтр состоящий из одного двухмодового шпилькового микрополоскового резонатора работает следующим образом. Он 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. Поэтому резонансная частота  $f_o$  для нечетной моды колебаний не зависит от длины  $l_1$  нерасщепленного участка, а для четной моды колебаний зависимость частоты  $f_e(l_1)$  существует. Причем чем длиннее  $l_1$ , тем ниже резонансная частота  $f_e$  для четной моды колебаний. Это значит, что при достаточно большой длине  $l_1$  резонансная частота  $f_e$  будет ниже частоты  $f_o$ . В то же время при короткой длине  $l_1$ , точнее, когда она равна ширине

проводника на расщепленном участке, рассматриваемый микрополосковый резонатор превращается в известный шпильковый резонатор [J.S.Wong. Microstrip tapped-line filter design // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1979, Vol.27, No 1, PP.44-50], у которого первая мода колебаний является нечетной, а вторая - четной.

Поэтому разность резонансных частот  $f_o-f_e$  в рассматриваемом резонаторе может быть как отрицательной, так и положительной и может изменяться в широких пределах в зависимости от длины  $l_1$ . Таким образом, варьирование длины  $l_1$  позволяет сближать резонансные частоты  $f_o$  и  $f_e$  в той мере, которая необходима для применения резонатора в двухмодовых полосно-пропускающих фильтрах.

Эквивалентная схема двухмодового шпилькового микрополоскового резонатора (фиг.2) содержит отрезок одиночной линии передачи, соединенный в одной точке с отрезком двух связанных линий передачи. Отрезок одиночной линии ставится в соответствие нерасщепленному участку резонатора длиной  $l_1$  и характеризуется волновым сопротивлением  $Z_1$  и электрической длиной  $\theta_1$ . Отрезок двух связанных линий ставится в соответствие расщепленному участку резонатора длиной  $l_2$  и характеризуется волновыми сопротивлениями  $Z_e, Z_o$  и электрическими длинами  $\theta_e, \theta_o$  для четных и нечетных связанных волн.

Согласно эквивалентной схеме, частота четных колебаний резонатора  $f_e$  является корнем уравнения  $Z_e \operatorname{tg} \theta_1 + 2Z_1 \operatorname{tg} \theta_e = 0$ , а частота нечетных колебаний  $f_o$  является корнем уравнения  $\cos \theta_o = 0$ .

Графики на фиг.3 показывают расчетные зависимости частот первых двух резонансов от относительной длины нерасщепленного участка, когда толщина диэлектрической подложки  $h=1$  мм, диэлектрическая проницаемость подложки  $\epsilon_r=9.8$ , ширина резонатора  $W_1=3$  мм, зазор щели  $S=1$  мм.

Из графиков видно, что относительная разность  $f_o-f_e$ , то есть отношение  $2(f_o-f_e)/(f_o+f_e)$ , изменяется в пределах от -0.40 до +0.40, если отношение  $l_1/(l_1+l_2)$  изменяется в пределах от 0.16 до 0.65. Это означает, что в полосно-пропускающих фильтрах с относительной шириной полосы пропускания приблизительно 40% относительная ширина нерасщепленного участка резонатора должна быть равна 16% или 65%. Оба эти значения обеспечивают одну и ту же ширину полосы пропускания. При уменьшении относительной ширины полосы пропускания до нуля частоты  $f_o$  и  $f_e$  сближаются и совпадают в точке 45.4%. То есть, чем уже полоса пропускания, тем ближе будут два оптимальных значения для относительной длины нерасщепленного участка резонатора.

Полосно-пропускающий фильтр содержит двухмодовые шпильковые микрополосковые резонаторы, связанные между собой электромагнитно. Относительная длина нерасщепленного участка для каждого резонатора фильтра, в зависимости от требуемых параметров низкочастотной и высокочастотной полосы заграждения, может быть как больше, так и меньше значения, при котором выравниваются значения частот четных и нечетных колебаний. Смежные резонаторы фильтра, в зависимости от требуемых параметров низкочастотной и высокочастотной полосы заграждения, могут быть направлены как в одном, так и в противоположных направлениях.

Влияние относительной длины нерасщепленного участка резонатора и взаимной ориентации смежных резонаторов на параметры полос заграждения показывают следующие примеры фильтров.

По два примера выполнения однорезонаторного и двухрезонаторного фильтра приведены на фиг.4 и фиг.5. Здесь же представлены отвечающие им частотные

характеристики. Во всех случаях параметры резонаторов имели значения  $\epsilon_r=9.8$ ,  $h=1$  мм,  $W_1=8$  мм,  $S=4$  мм. Длина резонаторов была в пределах от 50 мм до 55 мм. Она выбиралась такой, чтобы центральная частота полосы пропускания всех фильтров равнялась 1 ГГц. Конструкции различаются длинами нерасщепленного участка. Их относительные значения даны на рисунках.

Из примеров видно, что существуют два различных значения относительной длины нерасщепленного участка резонатора, отвечающие одной и той же ширине полосы пропускания фильтра. При этом параметры полос заграждения, отвечающие различным длинам нерасщепленного участка, могут сильно различаться. В случае однорезонаторного фильтра (фиг.4), при короткой длине нерасщепленного участка (42.49%) минимум прохождения мощности расположен по частоте ниже полосы пропускания, а при длинной (47.57%) - выше. В случае двухрезонаторного фильтра (фиг.5), при короткой длине нерасщепленного участка (44.08%) склоны полосы пропускания достаточно симметричны, а при длинной (48.87%) крутизна высокочастотного склона значительно больше, чем крутизна низкочастотного склона.

Два примера выполнения трехрезонаторного фильтра приведены на фиг.6. Здесь также представлены частотные характеристики фильтров. Резонаторы фильтров имеют те же значения конструктивных параметров, что и резонаторы фильтров, приведенных на фиг.4 и фиг.5. Различаются фильтры взаимной ориентацией соседних резонаторов. Видно, что в фильтре с сонаправленными резонаторами высокочастотный склон полосы пропускания круче, чем низкочастотный склон. При этом уровень подавления в низкочастотной полосе заграждения приблизительно на 10 дБ сильнее, чем в высокочастотной полосе заграждения. Напротив, в фильтре со встречно направленными резонаторами склоны полосы пропускания почти симметричны, а уровни подавления в низкочастотной и высокочастотной полосе заграждения близки.

Во всех рассмотренных примерах ближайшая паразитная полоса пропускания фильтра располагается приблизительно на удвоенной частоте основной полосы пропускания. Поэтому затухание в высокочастотной полосе заграждения уменьшается с увеличением ширины полосы пропускания. Затухание становится не приемлемо низким, когда относительная ширина полосы пропускания превышает приблизительно 40%. Этой ширине, согласно проведенному выше анализу, отвечает относительная длина нерасщепленного участка резонатора, находящаяся в интервале от 16% до 65% его длины.

#### Формула изобретения

1. Полосно-пропускающий фильтр, 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, отличающийся тем, что длина нерасщепленного участка полоскового проводника составляет от 16% до 65% его длины.

2. Фильтр по п.1, отличающийся тем, что содержит  $n$  электромагнитно связанных шпильковых микрополосковых резонаторов, где  $n=2, 3, 4, \dots$

3. Фильтр по п.2, отличающийся тем, что для каждого его резонатора длина нерасщепленного участка меньше длины, при которой выравниваются частоты четных и нечетных колебаний.

4. Фильтр по п.2, отличающийся тем, что для каждого его резонатора длина нерасщепленного участка больше длины, при которой выравниваются частоты

четных и нечетных колебаний.

5. Фильтр по п.2, отличающийся тем, что для одной части его резонаторов длина нерасщепленного участка меньше длины, при которой выравниваются частоты четных и нечетных колебаний, и больше для другой части резонаторов.

5

6. Фильтр по п.2, отличающийся тем, что нерасщепленные участки всех резонаторов фильтра расположены один напротив другого.

7. Фильтр по п.2, отличающийся тем, что в каждой паре смежных резонаторов фильтра нерасщепленный участок одного резонатора расположен напротив

10

расщепленного участка другого резонатора.

15

20

25

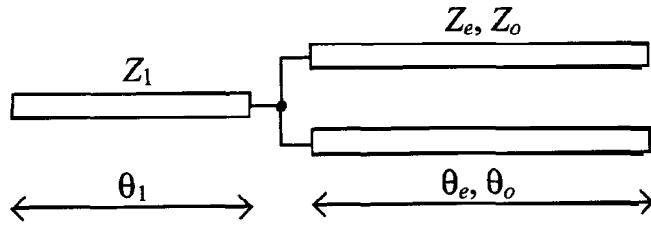
30

35

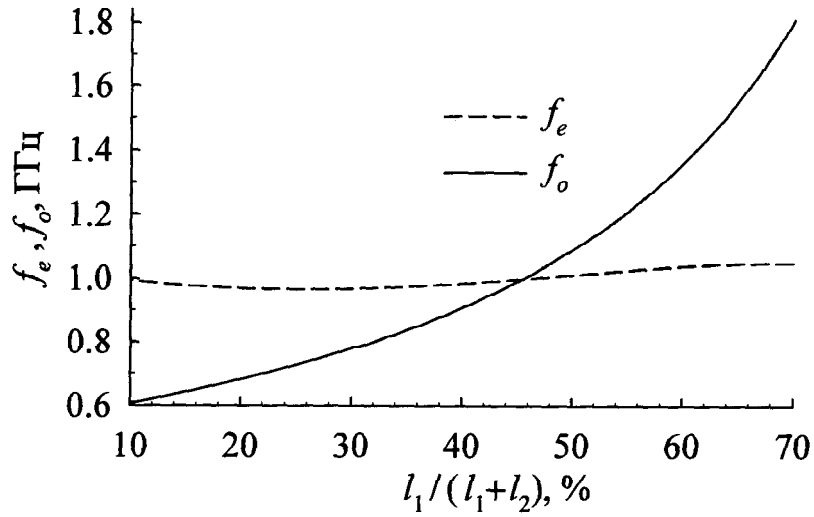
40

45

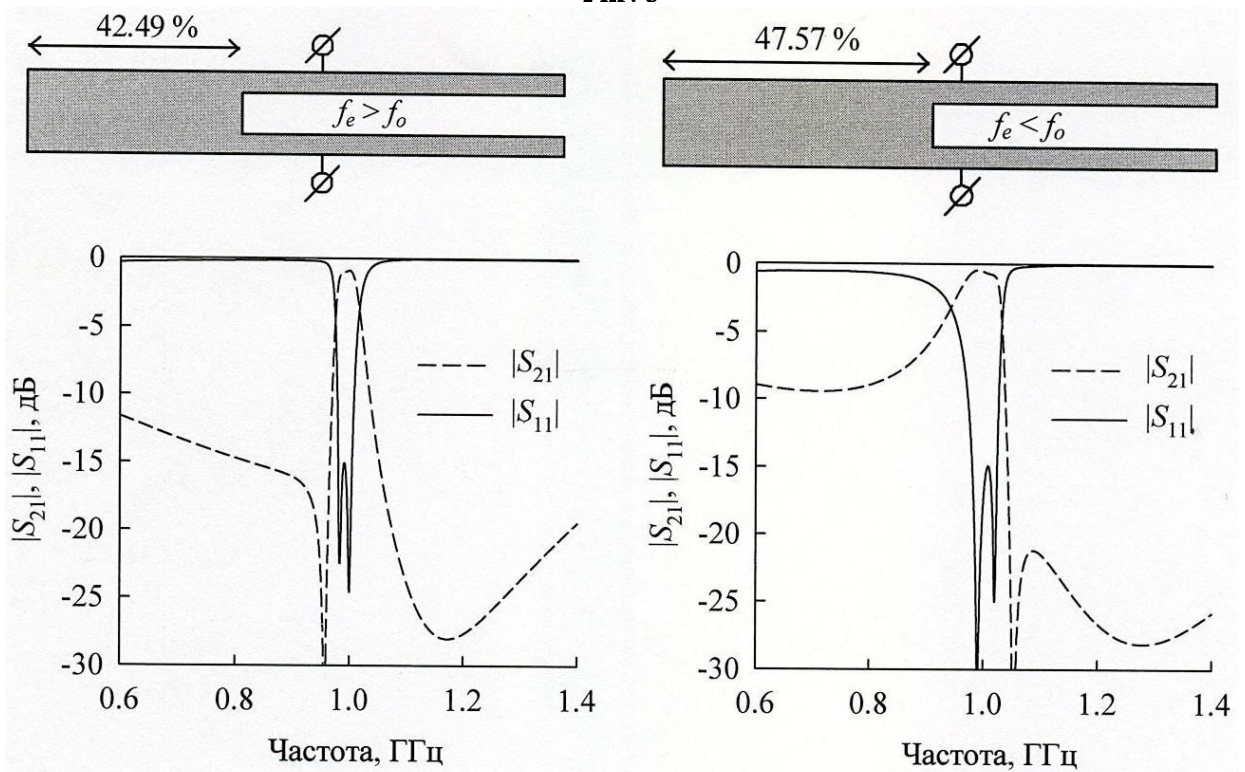
50



Фиг. 2

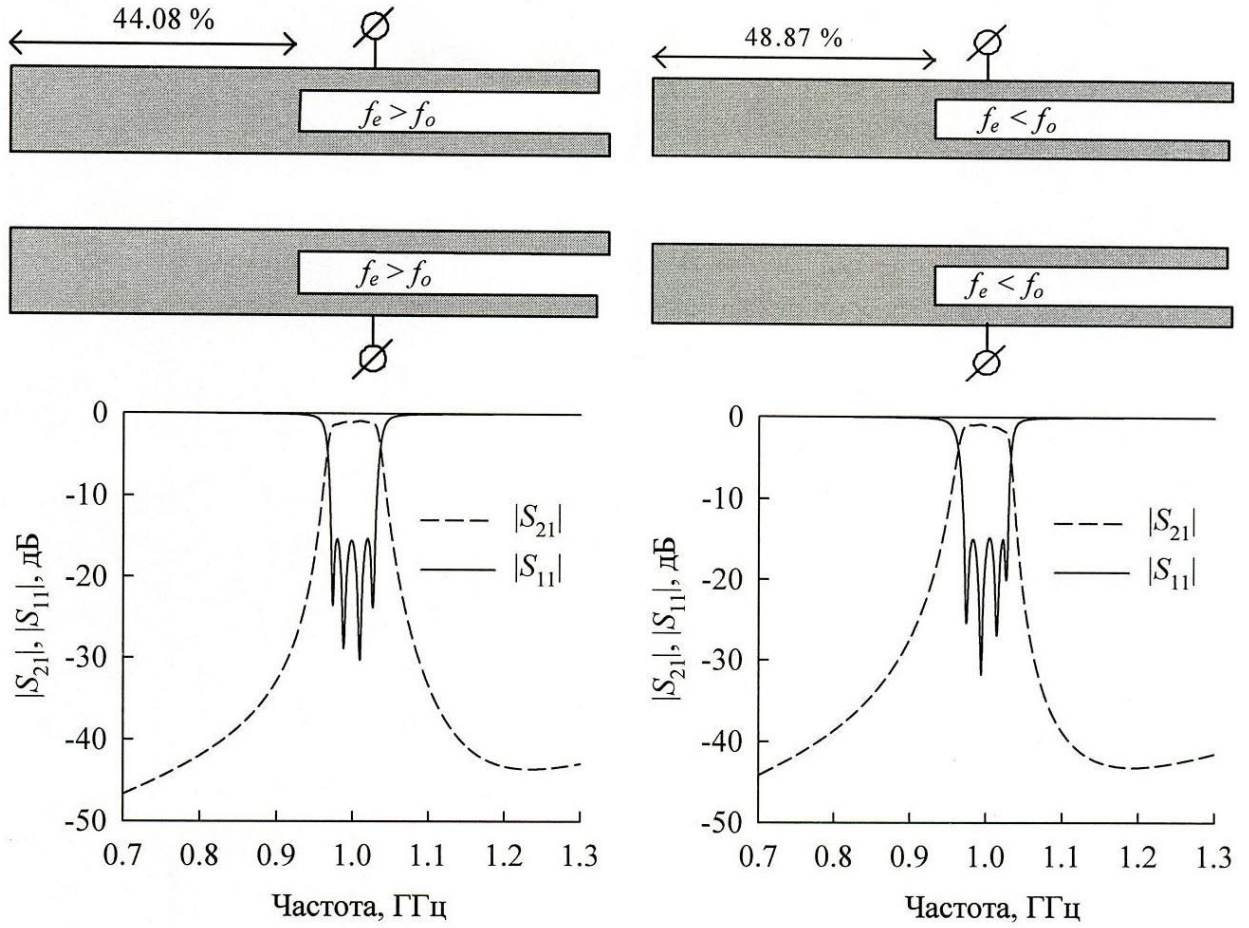


Фиг. 3

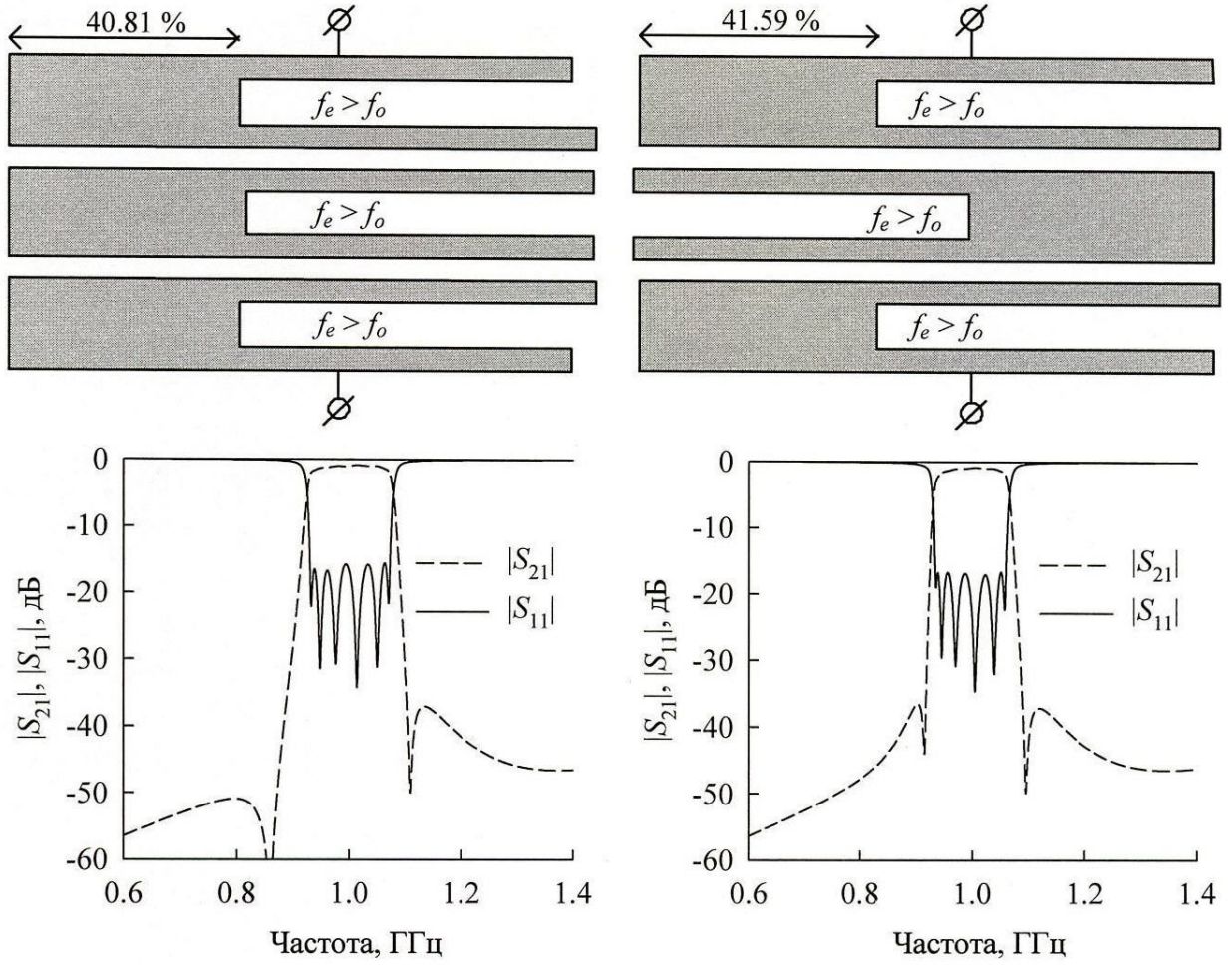


Фиг. 4





Фиг. 5



Фиг. 6