



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012156766/08, 25.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.12.2012

(45) Опубликовано: 20.04.2014 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2402121 C1, 20.10.2010. RU 99248 U1, 10.11.2010. RU 2400874 C1, 27.09.2010. RU 97867 U1, 20.09.2010. RU 2390889 C2, 27.05.2010. JP 60003201 A, 09.01.1985. US 5896073 A, 20.04.1999. EP 1754276 B1, 01.09.2010

Адрес для переписки:

660041, г.Красноярск, пр. Свободный-79,  
ФГАОУ ВПО СФУ, отдел правовой охраны и  
защиты ИС

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Лексиков Александр Александрович (RU),  
Сержантов Алексей Михайлович (RU),  
Бальва Ярослав Федорович (RU),  
Тюрнев Владимир Вениаминович (RU)

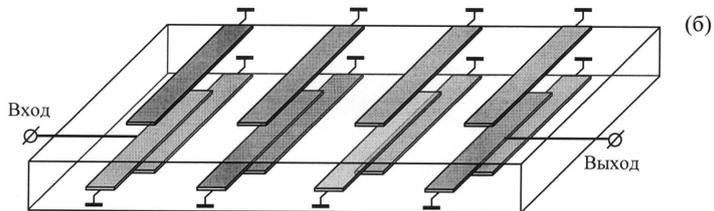
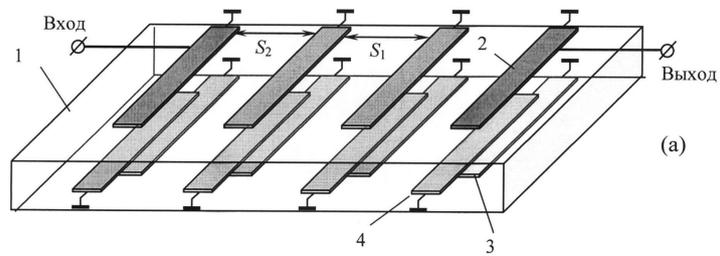
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Сибирский  
федеральный университет" (RU)**(54) ПОЛОСКОВЫЙ ФИЛЬТР С ШИРОКОЙ ПОЛОСОЙ ЗАГРАЖДЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот. Технический результат - увеличение протяженности полосы заграждения фильтра и уровня затухания в ней. Полосковый фильтр с широкой полосой заграждения, содержащий подвешенную между экранами диэлектрическую пластину, на обе поверхности которой нанесены короткозамкнутые смежными

концами с одного ее края полосковые проводники резонаторов, отличается тем, что внутри диэлектрической пластины расположены дополнительные полосковые проводники, короткозамкнутые одним концом с противоположного края диэлектрической пластины. 6 ил.



Фиг. 1

RU 2513720 C1

RU 2513720 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012156766/08, 25.12.2012

(24) Effective date for property rights:  
25.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: 25.12.2012

(45) Date of publication: 20.04.2014 Bull. № 11

Mail address:

660041, g.Krasnojarsk, pr. Svobodnyj-79, FGAOU  
VPO SFU, otdel pravovoj okhrany i zashchity IS

(72) Inventor(s):

Beljaev Boris Afanas'evich (RU),  
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU),  
Bal'va Jaroslav Fedorovich (RU),  
Tjurnev Vladimir Veniaminovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Sibirskij  
federal'nyj universitet" (RU)(54) **STRIP-LINE FILTER WITH WIDE STOP BAND**

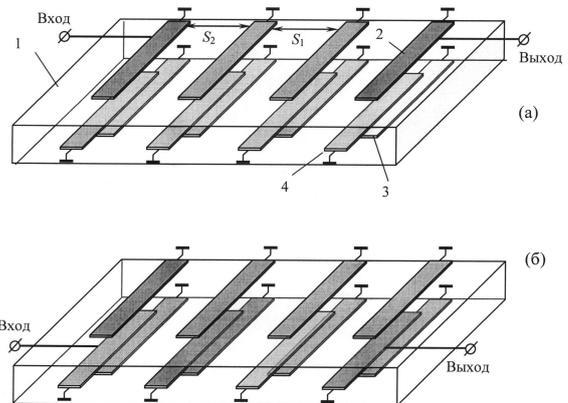
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: strip-line filter with wide stop band containing a dielectric plate suspended between screens with strip resonator conductors applied at the edge of one of its surfaces with short-circuited neighbouring ends is distinguished by the fact that inside the dielectric plate there are additional strip conductors short-circuited by one end at the opposite edge of the dielectric plate.

EFFECT: increasing length of filter stop band and level of attenuation in it.

6 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для частотной селекции сигналов, например, в приемопередающих системах.

Известен полосковый полосо-пропускающий фильтр на подвешенной между экранами диэлектрической подложке [A.R. Brown, G.M. Rebeiz. A varactor-tuned RF filter // IEEE Trans, on MTT. - 2000. - Vol.48, №7. - p.1157-1160]. Фильтр образован резонаторами, каждый из которых представляет собой короткозамкнутый на экран с одного конца полосковый проводник. Все проводники резонаторов расположены на одной поверхности подложки. Недостатками такой конструкции фильтра являются сравнительно большие размеры в метровом диапазоне длин волн и неширокая полоса заграждения.

Также известна конструкция полосо-пропускающего фильтра [Патент РФ №2237320, МПК7 H01P 1/203, опубл. 27.09.2004, Бюл. №27], который содержит подвешенную диэлектрическую подложку (диэлектрическую пластину), на одну сторону которой нанесены короткозамкнутые на экран с одного торца подложки полосковые проводники, а на вторую сторону подложки вместо заземляемого основания также нанесены короткозамкнутые на экран, но с другого торца подложки, полосковые проводники. Фильтр такой конструкции имеет значительно меньшие размеры по сравнению с первым аналогом. Протяженность полосы заграждения у такого фильтра существенно больше, но и она оказывается в некоторых случаях недостаточной.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков аналогом является полосковый полосо-пропускающий фильтр [Патент РФ №2390889, МПК7 H01P 1/203, опубл. 27.05.2010, Бюл. №15 (прототип)]. Устройство содержит подвешенную между экранами диэлектрическую пластину, на обе поверхности которой нанесены короткозамкнутые с одного конца полосковые проводники, при этом проводники короткозамкнуты на экран на одном краю подложки. Такой фильтр имеет меньшие габариты по сравнению как с первым, так и со вторым аналогом, но протяженность полосы заграждения у него существенно меньше по сравнению с ними.

Техническим результатом изобретения является увеличение протяженности полосы заграждения и уровня затухания в ней.

Указанный технический результат достигается тем, что в полосковом фильтре, содержащем подвешенную между экранами диэлектрическую пластину, на обе поверхности которой нанесены короткозамкнутые смежными концами с одного ее края полосковые проводники резонаторов, новым является то, что внутри диэлектрической пластины расположены дополнительные полосковые проводники, короткозамкнутые одним концом с противоположного края диэлектрической пластины.

Отличия заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключаются в том, что каждый резонатор фильтра образован тремя металлическими полосковыми проводниками, разделенными между собой диэлектрическим материалом пластины. При этом наружные проводники каждого резонатора смежными концами короткозамкнуты с одного края пластины, а внутренний проводник - с противоположного края пластины. Эти отличия позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях при изучении данной и смежной областей техники и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Изобретение поясняется чертежами: Фиг. 1а, б - конструкции конкретной реализации предлагаемого полоскового фильтра на подвешенной диэлектрической пластине, Фиг.2

- расчетные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) предлагаемого фильтра (сплошная линия) и второй аналога (штриховая линия), Фиг.3 - знаки потенциалов и направление токов в проводниках резонатора фильтра на частотах первой, второй и третьей моды колебаний; Фиг.4 - рассчитанная АЧХ четырехрезонаторного фильтра заявляемой конструкции на пластине толщиной 1 мм с подключением по Фиг.1б; Фиг.5 - измеренная амплитудно-частотная характеристика потерь на прохождение изготовленного макета четырехзвенного полосно-пропускающего фильтра заявляемой конструкции; Фиг.6 - расчетная АЧХ фильтра заявляемой конструкции для случая тонких (10 мкм) диэлектрических слоев, разделяющих проводники резонаторов.

Заявляемое устройство (Фиг.1а) содержит диэлектрическую пластину 7, подвешенную между двумя экранами (не показаны), на обеих поверхностях которой и внутри нее выполнены полосковые металлические проводники резонаторов. Каждый резонатор образован тремя полосковыми проводниками 2, 3 и 4, отделенными друг от друга диэлектрическим материалом пластины, причем наружные проводники резонаторов смежными концами соединены с экраном с одного края пластины, а внутренние проводники - с противоположного края пластины. Входная и выходная линия передачи подключены к полосковым проводникам крайних резонаторов фильтра. На Фиг.3 изображен разрез конструкции вдоль полосковых проводников резонатора в фильтре заявляемой конструкции.

Как известно, фильтры на основе полосковых и микрополосковых резонаторов по совокупности таких характеристик, как миниатюрность, технологичность и стоимость являются одними из лучших. В то же время одним из существенных недостатков таких фильтров является сравнительно неширокая полоса заграждения, которая в лучшем случае может составлять до двух октав. Однако для современной беспроводной связи зачастую требуется более протяженная полоса заграждения при большом уровне затухания в ней.

Заявляемая конструкция полосно-пропускающего фильтра позволяет реализовать устройства с увеличенной шириной полосы заграждения (более двух октав) и значительным уровнем затухания в ней (более 100 дБ) всего лишь на четырех резонаторах. При этом фильтры заявляемой конструкции обладают значительно меньшими размерами по сравнению с прототипом при прочих равных условиях.

На Фиг.2 приведены расчетные АЧХ четырехрезонаторного фильтра (Фиг.1а) заявляемой конструкции (сплошная линия) и четырехрезонаторного фильтра (штриховая линия) второго аналога (имеющего наиболее протяженную полосу заграждения из всех использованных аналогов). Оба фильтра имеют центральную частоту полосы пропускания  $f_0=900$  МГц и относительную ширину полосы пропускания по уровню -3 дБ  $\Delta f/f_0=5\%$ . При этом все конструктивные параметры, за исключением длины проводников, были одинаковыми для обоих фильтров. Диэлектрическая проницаемость подложки (диэлектрической пластины)  $\epsilon=9.8$ , толщина подложки (пластины) 1 мм, расстояние от поверхности подложки (пластины) до экранов 4 мм и ширина полосковых проводников 3 мм. Расстояние между парой внутренних резонаторов в фильтрах составило  $S_1=8$  мм, а между внутренним и наружным  $S_2=7.25$  мм. Длина каждого из проводников в паре внутренних резонаторов у заявляемого фильтра была 7.8 мм, а у внешних - 8.1 мм. Для фильтра прототипа эти длины были равны 14.25 мм и 14.75 мм соответственно. Общая площадь подложки фильтра прототипа составила  $18.5 \times 42.5$  мм<sup>2</sup>, а площадь диэлектрической пластины заявляемого фильтра  $10 \times 42.5$  мм<sup>2</sup>, что в почти в два раза меньше.

Важное достоинство предлагаемой конструкции - наличие протяженной полосы заграждения, простирающейся до частоты  $\sim 6f_0$  при уровне затухания в ней не хуже 60 дБ, которая обеспечивает улучшенные селективные свойства по сравнению с традиционными полосковыми и микрополосковыми фильтрами.

5 Фильтр работает следующим образом. Входная и выходная линии передачи подключаются к наружным проводникам внешних резонаторов (Фиг.1а). Расстояние от заземленных концов проводников до точек подключения внешних линий передачи определяется заданным уровнем отражений в полосе пропускания фильтра. Сигналы, частоты которых попадают в полосу пропускания, проходят на выход фильтра с 10 минимальными потерями, в то время как на частотах вне полосы пропускания происходит отражение сигналов от входа устройства.

Заявляемый технический результат достигается следующим образом. Как известно, паразитные полосы пропускания в традиционных конструкциях полосковых и микрополосковых фильтров формируются резонансами высших мод колебаний. На 15 Фиг.3 изображены знаки потенциалов на разомкнутых концах проводников резонатора в заявляемом фильтре, а также направление высокочастотных токов для первой (рабочей, Фиг.3а), а также второй и третьей (паразитных, Фиг.3б, в) мод колебаний. Видно, что на частотах первой моды колебаний все высокочастотные токи имеют одинаковое направление в проводниках. Это приводит к росту эквивалентной 20 индуктивности резонатора, понижению его резонансной частоты и повышению добротности на частотах рабочей полосы пропускания фильтра. На частотах же второй и третьей мод колебаний высокочастотные токи направлены встречно, поэтому эквивалентная индуктивность резонатора и, следовательно, его добротность становятся существенно меньше. Это приводит к увеличению затухания на частотах высших мод 25 колебаний и расширению полосы заграждения.

Значительно улучшить параметры полосы заграждения можно, если подключить входную и выходную линии передачи к внутренним проводникам крайних резонаторов в фильтре (Фиг.1б). Так как на частоте второй (паразитной) моды колебаний потенциал 30 внутреннего проводника равен нулю, то связь резонаторов фильтра с внешними линиями передачи будет практически отсутствовать на ее частоте, а соответствующие паразитные резонансы не будут проявляться на АЧХ фильтра. На Фиг.4 представлена рассчитанная АЧХ четырехрезонаторного фильтра заявляемой конструкции с подключением по Фиг.1б с теми же конструктивными параметрами, что были указаны выше для Фиг.1а. Видно, что подключение внешних линий передачи к внутренним проводникам крайних 35 резонаторов в фильтре позволяет сформировать полосу заграждения, простирающуюся до частоты  $\sim 6f_0$  при уровне затухания в ней не менее 100 дБ, что обеспечило существенное улучшение его селективных свойств. На Фиг.5 представлена измеренная АЧХ изготовленного четырехрезонаторного фильтра с параметрами конструкции, указанными выше, с подключением внешних линий к внутренним проводникам крайних 40 резонаторов. Видно, что АЧХ изготовленного макета имеет протяженность полосы заграждения  $\sim 7f_0$  при уровне затухания в ней не менее 100 дБ, что подтверждает заявляемый технический результат.

Значительно лучших характеристик заявляемого фильтра можно достичь, используя для его создания интегральную технологию. При этом становится возможной реализация 45 тонких диэлектрических слоев толщиной в десятки микрон (например, из монооксида кремния SiO), разделяющих полосковые металлические проводники в резонаторах фильтра. При этом вся полосковая структура фильтра для обеспечения механической

прочности может располагаться на достаточно толстой (доли мм) несущей  
 диэлектрической подложке. В этом случае, помимо еще большего расширения полосы  
 заграждения, также уменьшаются габариты фильтра и возрастает добротность его  
 резонаторов. На Фиг.6 изображена рассчитанная АЧХ такого четырехрезонаторного  
 5 фильтра на центральную частоту полосы пропускания  $f_0=350$  МГц с относительной  
 шириной полосы пропускания по уровню -3 дБ  $\Delta f/f_0=5\%$ . Конструктивные параметры  
 фильтра были следующие. Толщина диэлектрической подложки, на которой  
 расположена полосковая структура фильтра, 0.5 мм, диэлектрическая проницаемость  
 10 материала несущей подложки и слоев между проводниками резонатора  $\epsilon=3.7$ , толщина  
 слоев 10 мкм, расстояние от поверхностей структуры до экранов 2 мм и ширина  
 полосковых проводников 1 мм. Расстояние между парой внутренних резонаторов в  
 фильтрах составило  $S_1=3.5$  мм, а между внутренним и наружным  $S_2=3.25$  мм. Длина  
 проводников внутренних резонаторов в фильтре была 8 мм, внешних 8.2 мм. Внутренние  
 15 габариты корпуса фильтра составили  $10 \times 19 \times 4$  мм<sup>3</sup>. Видно, что, несмотря на более  
 низкую рабочую частоту, размеры фильтра существенно уменьшились, а протяженность  
 полосы заграждения по уровню -100 дБ увеличилась до  $\sim 40f_0$ .

Также такой фильтр может быть выполнен в объеме монолитного диэлектрика по  
 толсто пленочной технологии изготовления интегральных схем (Low temperature cofired  
 20 ceramic (LTCC) technology.

Таким образом, предложенная конструкция полоскового полосно-пропускающего  
 фильтра позволяет реализовывать на ее основе миниатюрные устройства с протяженной  
 высокочастотной полосой заграждения и большим уровнем затухания в ней.

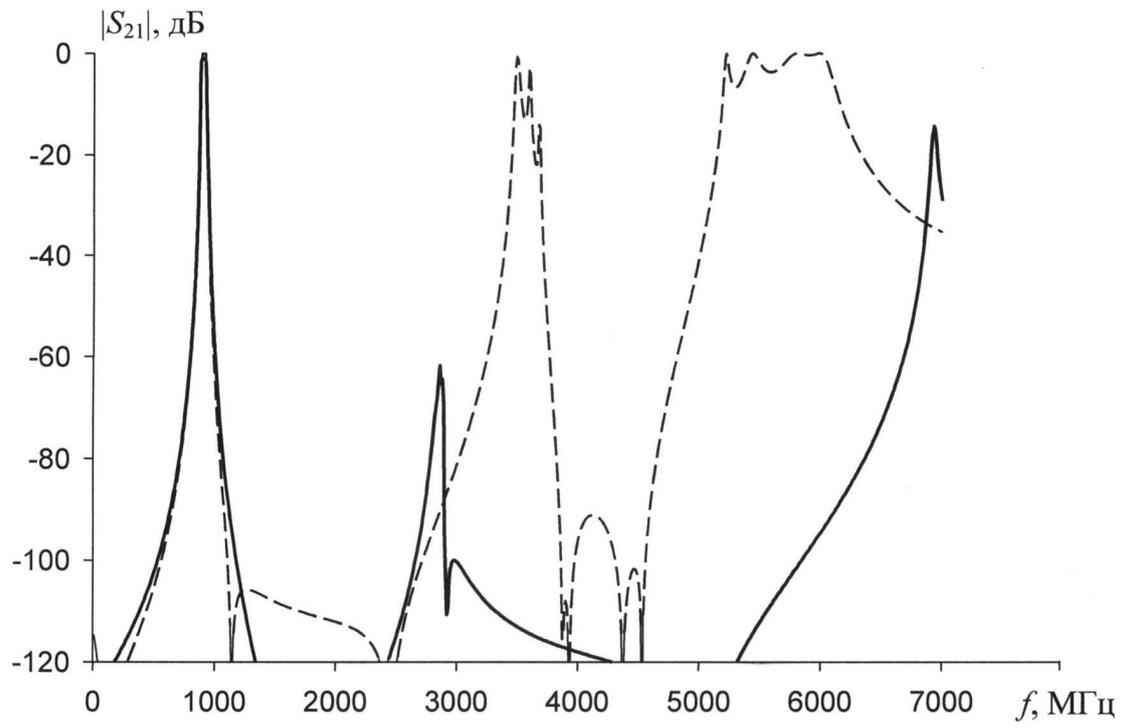
25 **Формула изобретения**

Полосковый фильтр с широкой полосой заграждения, содержащий подвешенную  
 между экранами диэлектрическую пластину, на обе поверхности которой нанесены  
 короткозамкнутые смежными концами с одного ее края полосковые проводники  
 резонаторов, отличающийся тем, что внутри диэлектрической пластины расположены  
 30 дополнительные полосковые проводники, короткозамкнутые одним концом с  
 противоположного края диэлектрической пластины.

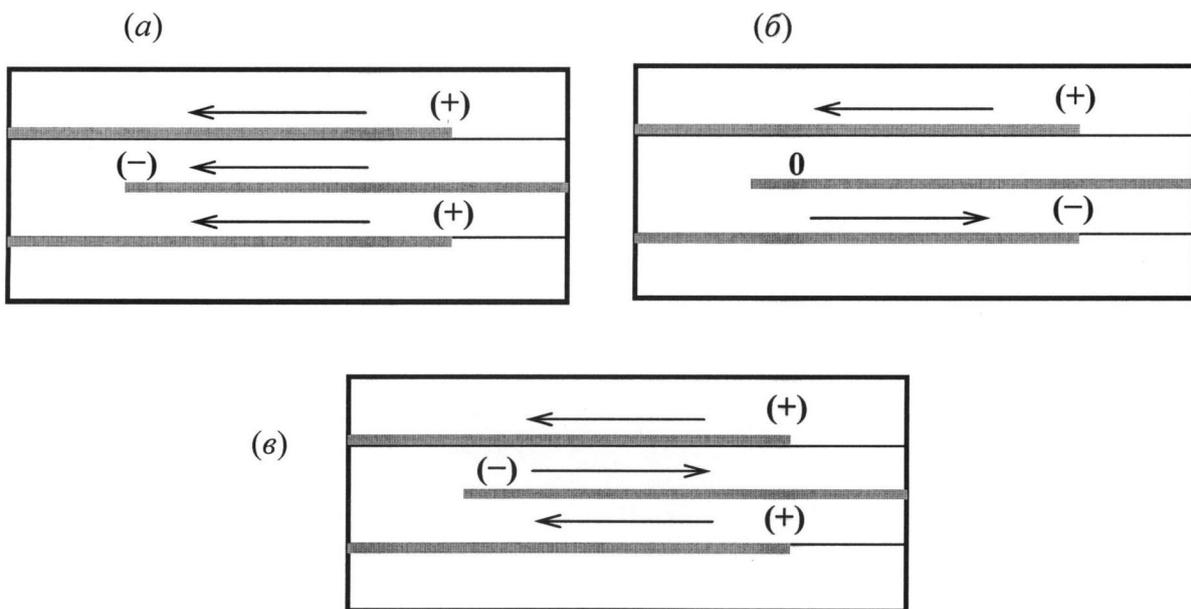
35

40

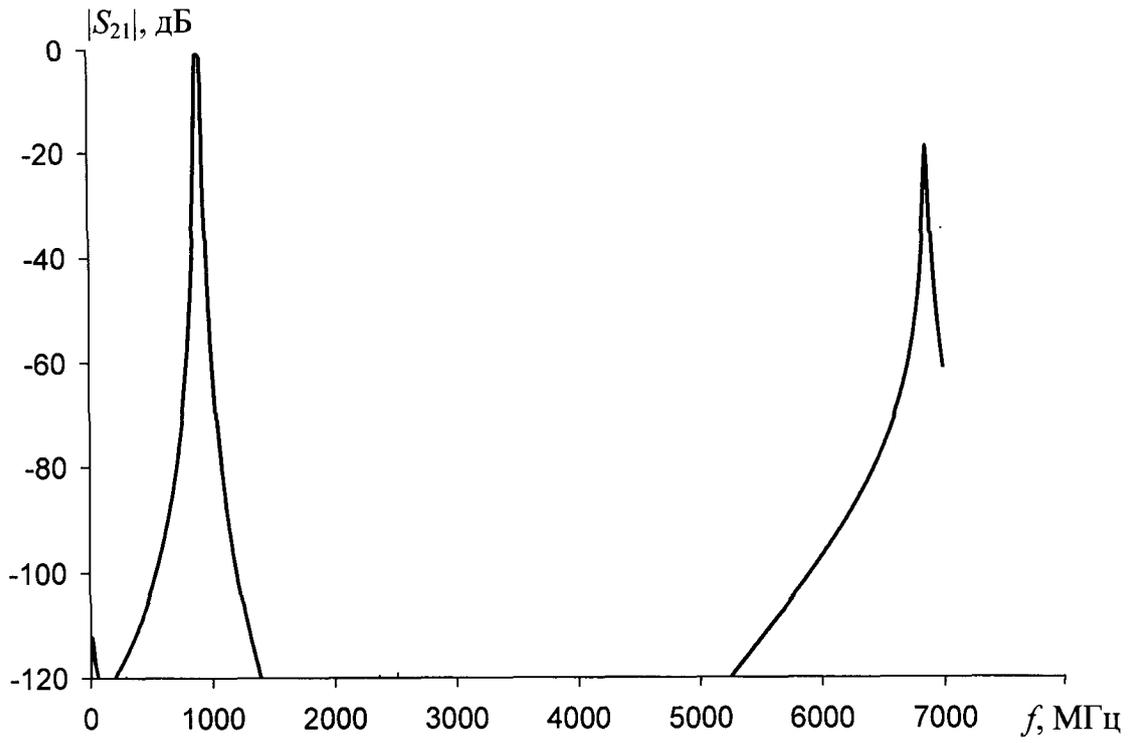
45



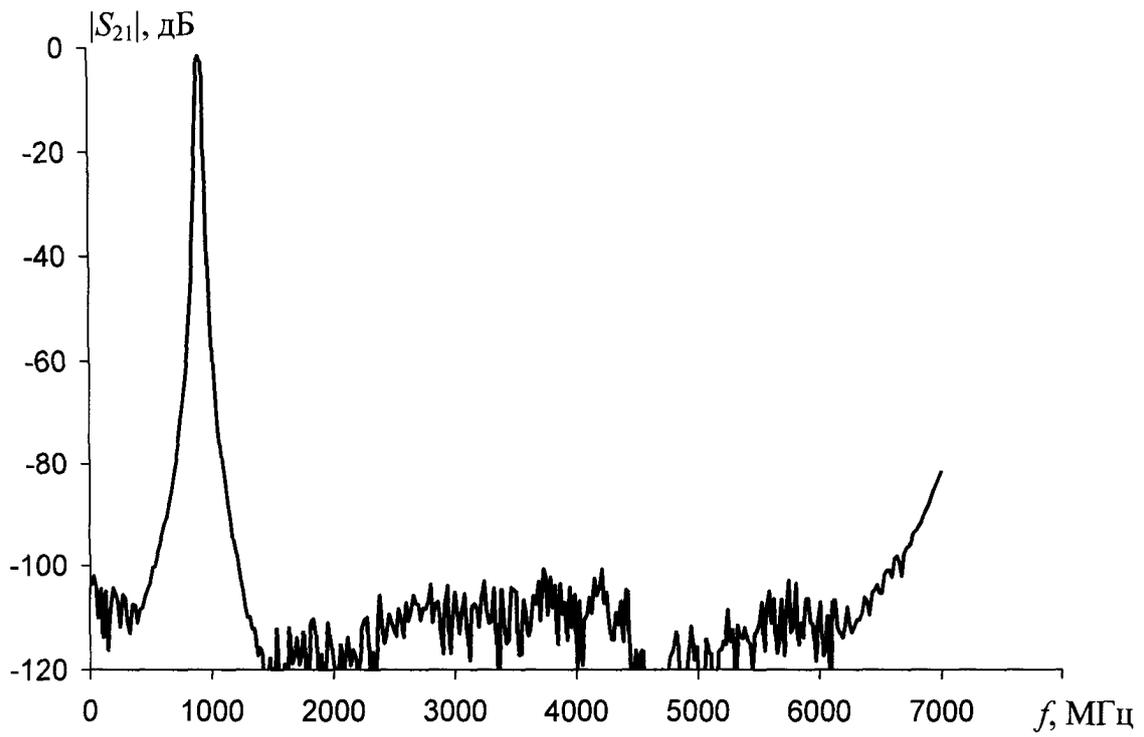
Фиг. 2



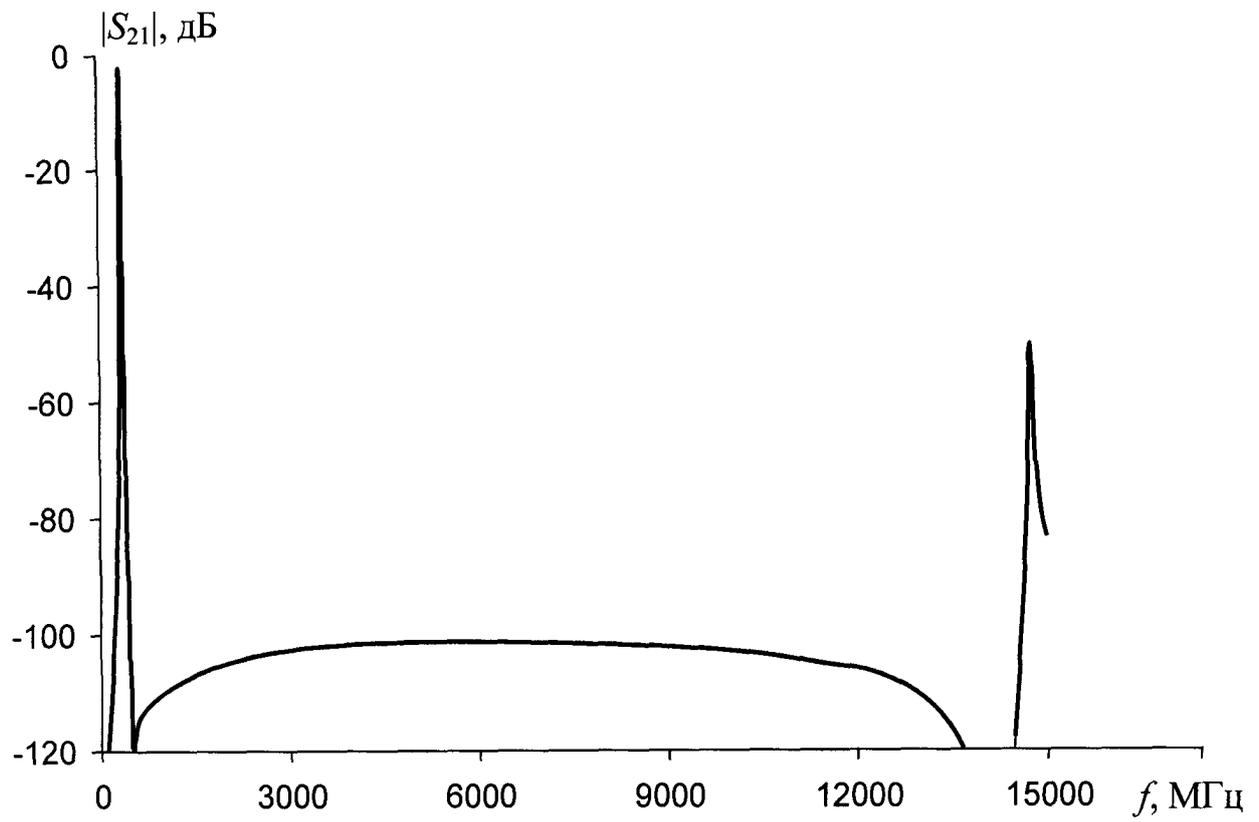
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6