



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК  
*H01P 1/205* (2006.01)  
*H01P 1/203* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007140529/09, 31.10.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.10.2007

(45) Опубликовано: 10.04.2009 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **IEEE Transaction on Microwave theory and techniques**, VOL.44, NO, 4 April, 1996, p.626-630. **SU 1298811 A1**, 23.03.1987. **RU 2126194 C1**, 10.02.1999. **US 289422 A**, 07.07.1959. **US 2769148 A**, 30.10.1956.

Адрес для переписки:  
660036, г.Красноярск, Академгородок,  
Институт физики СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Беляев Борис Афанасьевич (RU),  
Лексиков Александр Александрович (RU),  
Сержантов Алексей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

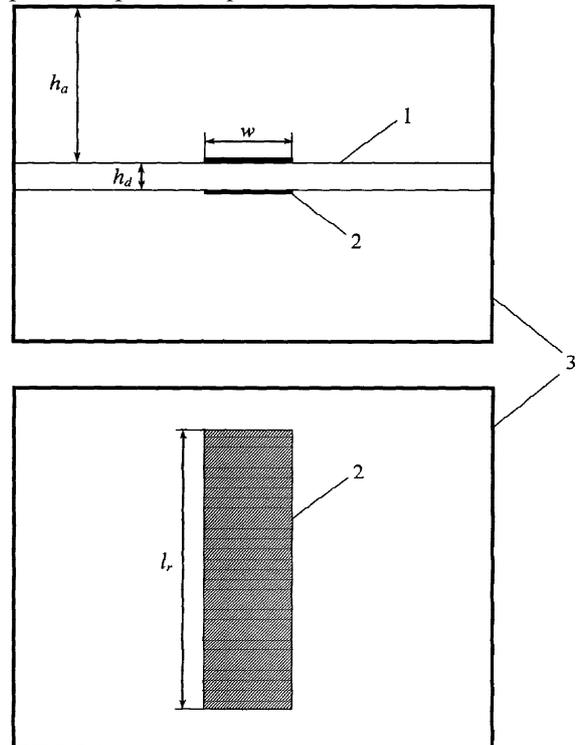
Институт физики им. Л.В. Киренского  
Сибирского отделения РАН (RU)

## (54) ПОЛОСКОВЫЙ РЕЗОНАТОР

(57) Реферат:

Полосковый резонатор относится к технике сверхвысоких частот и предназначен для создания частотно-селективных устройств СВЧ. Устройство содержит подвешенную между экранами диэлектрическую подложку, на одну поверхность которой нанесен полосковый металлический проводник резонатора и на второй поверхности подложки нанесен полосковый металлический проводник, идентичный по форме и расположению проводнику на первой поверхности. Это позволяет значительно увеличить собственную добротность полоскового резонатора и, соответственно, уменьшить потери в полосе пропускания фильтров на его основе без ухудшения массогабаритных характеристик устройств. Применяв многослойную подложку, в которой между слоями располагаются полосковые проводники, идентичные по форме и расположению полосковым проводникам на внешних поверхностях, можно еще в большей степени повысить добротность заявляемого

резонатора. 2 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

*H01P 1/205* (2006.01)*H01P 1/203* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007140529/09, 31.10.2007**(24) Effective date for property rights:  
**31.10.2007**(45) Date of publication: **10.04.2009 Bull. 10**

Mail address:

**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok, Institut fiziki SO RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Beljaev Boris Afanas'evich (RU),  
Leksikov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut fiziki im. L.V. Kirenskogo Sibirskogo  
otdelenija RAN (RU)****(54) STRIP RESONATOR**

(57) Abstract:

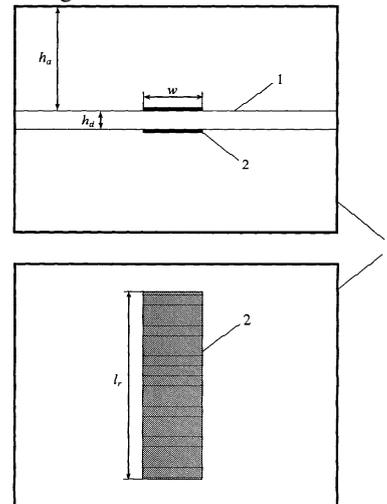
FIELD: physics.

SUBSTANCE: device contains dielectric layer suspended between screens with strip metal conductor of resonator superimposed on the first surface and the strip metal conductor identical under the shape and arrangement to conductor on the first surface is superimposed on the second surface of the substrate. It allows to increment considerable natural quality factor of the strip resonator and accordingly to reduce losses in the filter pass band on its basis, without deterioration of its mass and dimensions parameters.

EFFECT: having applied structural substrate in which between stratum strip conductors identical under shape and arrangement to strip conductors on exterior surfaces settle down, it is possible to

increase quality factor of the declared resonator.

3 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для, например, создания частотно-селективных устройств СВЧ, полосковых антенн и цепей, стабилизирующих частоту СВЧ-генераторов.

Известна конструкция полосно-пропускающего фильтра на основе параллельно связанных полосковых резонаторов [Д.Л.Матей, Л.Янг, Е.М.Т. Джонс. // Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Т.1. - М.: Связь, 1971. - 439 с.]. Фильтр содержит выполняющие функцию резонаторов полуволновые отрезки полосковых линий, азамкнутые на обоих концах и расположенные параллельно друг другу со сдвигом на половину их длины. Все полосковые проводники находятся на равных расстояниях от нижней и верхней поверхностей экрана в сплошном диэлектрическом окружении. Недостатками таких резонаторов и фильтров на их основе являются сравнительно низкая собственная добротность, сильное влияние на нее потерь в материале диэлектрика и трудность изготовления.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков аналогом является резонатор и полосно-пропускающий фильтр на его основе [Chen-Yu Chi and Gabriel M. Rebeiz // Conductor-Loss Limited Stripline Resonator and Filters. IEEE Trans, on Microwave Theory and Techniques, Vol.44, No. 4, Pp.626-630 (Прототип)]. Фильтр содержит тонкую диэлектрическую мембрану, на одну из сторон которой нанесены полосковые проводники, образующие полуволновые резонаторы, связанные между собой электромагнитно. Мембрана закреплена между верхним и нижним экранами при помощи полупроводниковых пластин с высоким удельным сопротивлением. Резонаторы данной конструкции обладают собственной добротностью  $Q \approx 400$ , которая ограничена потерями в металле, из которого изготовлены полосковые проводники резонаторов. В отличие от первого аналога в нем существенно меньше влияние материала на собственную добротность, однако она по-прежнему сравнительно невелика.

Техническим результатом изобретения является значительное увеличение собственной добротности полосковых резонаторов и, соответственно, уменьшение потерь в полосе пропускания фильтров на их основе, не сопровождающееся ухудшением массогабаритных характеристик устройств.

Указанный технический результат достигается тем, что в полосковом резонаторе, содержащем подвешенную между экранами диэлектрическую подложку, на одну поверхность которой нанесен полосковый металлический проводник резонатора, новым является то, что на второй поверхности подложки также нанесен полосковый металлический проводник, идентичный по форме и расположению проводнику на первой поверхности.

Отличия заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключаются в том, что полосковый резонатор образован проводниками, которые располагаются на обеих поверхностях подложки и являются идентичными по форме и расположению. 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.1 - конструкция конкретной реализации предлагаемого полоскового резонатора на подвешенной диэлектрической подложке, Фиг.2 - зависимость собственной добротности полоскового резонатора от толщины диэлектрической подложки, Фиг.3 - распределение плотности высокочастотного тока

в полосковых проводниках для резонатора, состоящего из одного полоскового проводника (Фиг.3, а) и двух полосковых проводников (Фиг.3, б), Фиг.4 - конструкция многопроводникового полоскового резонатора на основе многослойной подложки, Фиг.5 - зависимость собственной добротности многопроводникового полоскового резонатора от числа полосковых проводников в нем, Фиг.6 и Фиг.7 - экспериментальные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) потерь на прохождение двухзвенного полосно-пропускающего фильтра на основе заявляемого резонатора.

Заявляемое устройство (Фиг.1) содержит диэлектрическую подложку 1, подвешенную между двумя экранами, на обе поверхности которой нанесены полосковые металлические проводники 2, электромагнитно связанные между собой и имеющие, например, форму прямоугольника, причем проводник на второй поверхности подложки идентичен по форме и расположению проводнику на первой поверхности. Пара таких одинаковых полосковых проводников, располагающихся на разных поверхностях подложки, образует полосковый резонатор. Следует отметить, что форма проводников, из которых образованы полосковые резонаторы (в рассмотренном случае прямоугольная), может быть любой.

Известно, что значение собственной добротности полосковых резонаторов на практике обычно не превышает  $10^3$ . Это обусловлено несколькими факторами, главными из которых являются конечная проводимость металла, из которого изготавливаются полосковые проводники, и неравномерное распределение токов в поперечном сечении проводников. Кроме того, существенное влияние на собственную добротность полоскового резонатора, при прочих равных условиях, оказывает геометрия его проводников. Так, например, уменьшение ширины проводников резонаторов в той области, где находится пучность магнитного поля, приводит к увеличению плотности тока в поперечном сечении проводника и, соответственно, увеличению потерь. Таким образом, одним из методов повышения добротности полосковых резонаторов является увеличение ширины их полосковых проводников, однако это приводит к существенному увеличению их габаритов, что неприемлемо, особенно в случае многорезонаторных устройств. Предложенная конструкция полосковых резонаторов позволяет значительно повысить их собственную добротность и уменьшить вносимые потери в фильтрах на их основе, не приводя при этом к увеличению габаритных размеров.

Резонатор работает следующим образом. На резонансных частотах конструкции, когда на длине каждого полоскового проводника укладывается, например, половина длины волны электромагнитного колебания, оба проводника в резонаторе имеют одинаковое распределение высокочастотных токов и напряжений по их длине, т.е. ток в резонаторе делится на два проводника. В результате уменьшаются Джоулевы потери в резонаторе, и, соответственно, возрастает его собственная добротность.

На Фиг.2 представлена рассчитанная зависимость собственной добротности полоскового резонатора  $Q$  от толщины подложки  $h_a$ , когда резонатор выполнен из двух прямоугольных полосковых проводников шириной  $w=1$  мм, расположенных один напротив другого на разных поверхностях подложки. Длина проводников равнялась  $l_r=20$  мм, расстояние от верхней и нижней поверхности подложки до экрана  $h_a=6.5$  мм. Здесь и далее материал проводников медь, их толщина 20 мкм. Видно, что с уменьшением толщины подложки собственная добротность полоскового резонатора быстро растет.

На Фиг.3 представлено рассчитанное распределение плотности высокочастотного

тока в полосковых проводниках для резонатора-прототипа (а) и заявляемого резонатора (б). Здесь более светлые области соответствуют большей плотности тока. Видно, что плотность тока в проводниках резонатора предлагаемой конструкции существенно ниже. Экспериментально изготовленный двухпроводниковый резонатор с параметрами, приведенными выше, на подложке из кварца толщиной 0.4 мм имел собственную добротность  $Q \approx 1350$ , в то время как резонатор, содержащий проводник только на одной стороне подложки, имел добротность  $Q \approx 950$ .

Еще большего повышения собственной добротности резонатора можно достичь в многопроводниковой конструкции на основе многослойной подложки. На Фиг.4 изображен многопроводниковый полосковый резонатор на основе многослойной подложки с количеством слоев  $N$  и общим числом проводников  $N+1$ . Полосковые проводники, образующие резонатор, идентичны по форме и расположению. При этом важно, что толщина слоев и общая толщина многослойной подложки может быть малой, следовательно, массогабаритные характеристики устройства при использовании предложенного метода повышения добротности также не ухудшаются.

На Фиг.5 представлена зависимость собственной добротности  $Q$  резонатора с конструктивными параметрами проводников и высоты экрана, указанными для Фиг.3, от числа полосковых проводников  $N$ . Расчет проводился для четырехслойной подложки с толщиной каждого слоя  $h_d = 1$  мкм, такая толщина диэлектрического слоя, например, из монооксида кремния  $\text{SiO}$  часто является оптимальной с технологической точки зрения. Из приведенной зависимости видно, что  $Q$  монотонно увеличивается с ростом числа проводников.

Таким образом, как уменьшение толщины слоев подложки, так и увеличение числа проводников, из которых образован резонатор, приводит к существенному росту его собственной добротности.

Важным достоинством предложенного полоскового резонатора является меньшая, по сравнению с традиционными конструкциями, зависимость его собственной добротности от диэлектрических потерь в подложке. Действительно, в рабочем диапазоне длин волн вблизи резонансных частот потенциал участков полосок, находящихся напротив друг друга, одинаков, так как одинаково распределение токов и зарядов в них. Следовательно, напряженность электрического поля в слоях между проводниками близка к нулю.

На Фиг.6 представлена экспериментальная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) потерь на прохождение двухзвенного полосно-пропускающего фильтра на основе полосковых резонаторов предложенной конструкции. Фильтр имеет относительную ширину полосы пропускания  $\Delta f_3/f_0 = 1\%$  (по уровню - 3 дБ) с центральной частотой  $f_0 \approx 5.5$  ГГц. Полуволновые полосковые проводники для уменьшения габаритов выполнены в форме шпильки, причем каждый резонатор состоял из двух таких шпилек, расположенных напротив друг друга на верхней и нижней сторонах однослойной кварцевой подложки толщиной 0.4 мм, имеющей диэлектрическую проницаемость  $\epsilon = 3.7$ . Остальные конструктивные параметры были следующими: ширина полосковых проводников 1 мм, высота шпилек 10 мм, зазор внутри шпильки 3 мм, расстояние между резонаторами 12.5 мм, расстояние от верхней и нижней поверхностей подложки до экрана 6.5 мм. Габариты корпуса  $28 \times 12 \times 13.4$  мм<sup>3</sup>.

На Фиг.7 представлена эта же экспериментальная АЧХ, нормированная на центральную частоту полосы пропускания устройства, но в более узкой полосе частот вблизи полосы пропускания (сплошная линия). Здесь же (штриховая линия) приведена АЧХ фильтра для случая, когда каждый резонатор образован шпильковыми

полосковыми проводниками, расположенными только с одной стороны подложки (со второй стороны они были удалены травлением). Оба фильтра имеют одинаковую относительную ширину полосы пропускания  $\Delta f_3/f_0=1\%$ , измеренную по уровню 3 дБ от уровня минимальных потерь, КСВ=1.4 на входе устройств в обоих случаях был одинаков. Видно, что предложенный в изобретении подход позволяет существенно уменьшить прямые потери в полосе пропускания фильтра. Так величина минимальных потерь уменьшилась с уровня 2 дБ до уровня 1.6 дБ. Как показано выше, применение более тонких подложек и большего количества слоев приведет к значительно большему эффекту в повышении добротности, а следовательно, к еще большему снижению потерь в фильтре.

Благодаря использованию предложенного подхода для создания полосковых резонаторов достигается их более высокая собственная добротность и меньшая ее зависимость от диэлектрических потерь в материале подложки по сравнению с резонаторами традиционных конструкций. Важным преимуществом изобретения является то, что повышение добротности не связано с увеличением размеров и массы устройства. Предлагаемый подход может быть использован для создания высокодобротных резонаторов и узкополосных полосно-пропускающих фильтров на их основе, имеющих малые вносимые потери, для систем радиолокации, радионавигации и связи.

#### Формула изобретения

1. Полосковый резонатор, содержащий подвешенную между экранами диэлектрическую подложку, на одну поверхность которой нанесен полосковый металлический проводник, отличающийся тем, что на второй поверхности подложки также нанесен полосковый металлический проводник, идентичный по форме и расположению проводнику на первой поверхности.

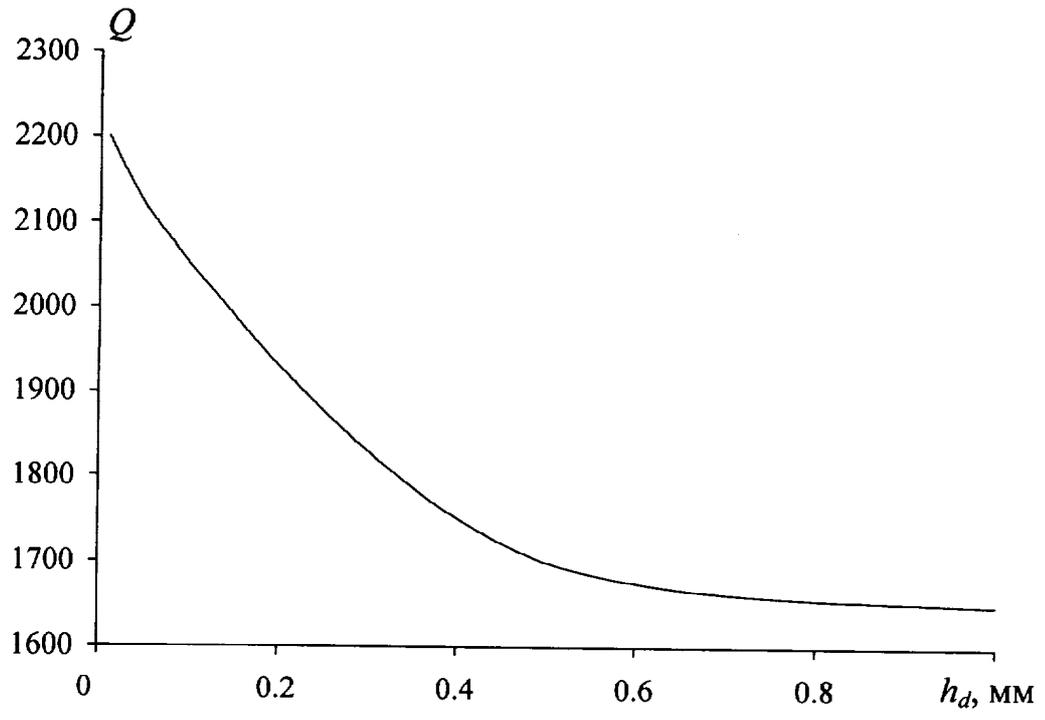
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что подложка выполнена многослойной, и между слоями также расположены полосковые металлические проводники, идентичные по форме и расположению проводникам на внешних поверхностях подложки.

3. Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что форма полосковых металлических проводников резонатора может быть выполнена любой.

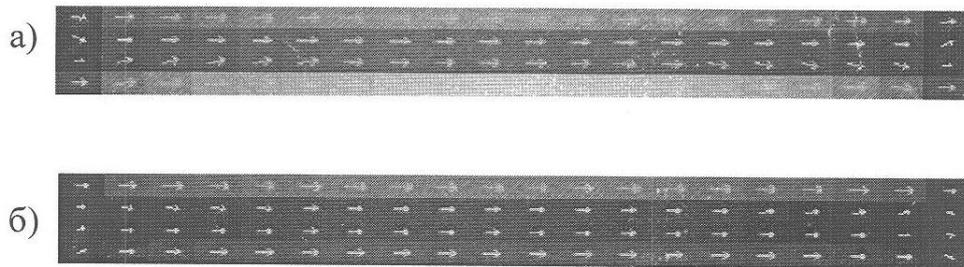
40

45

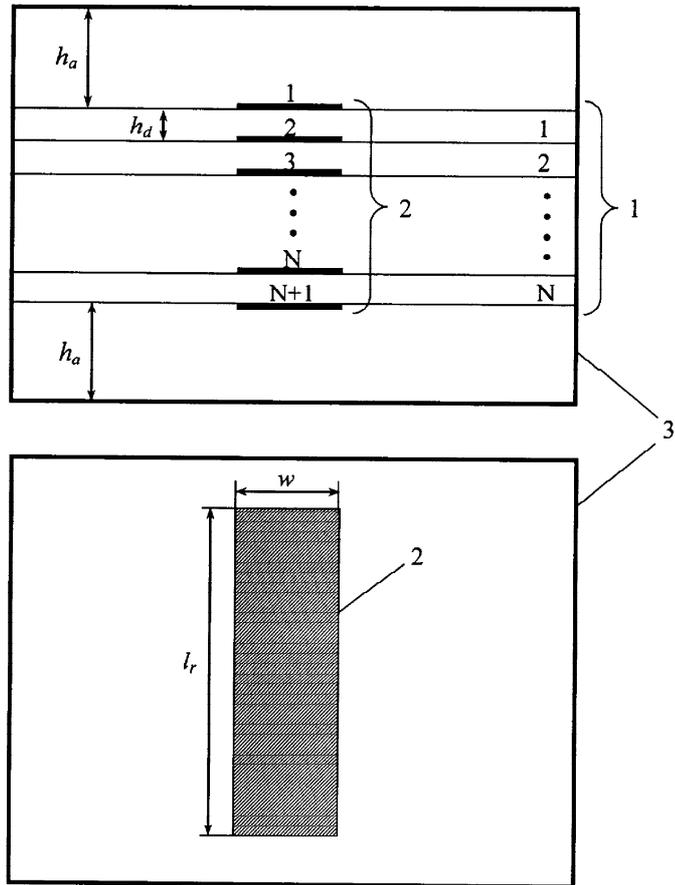
50



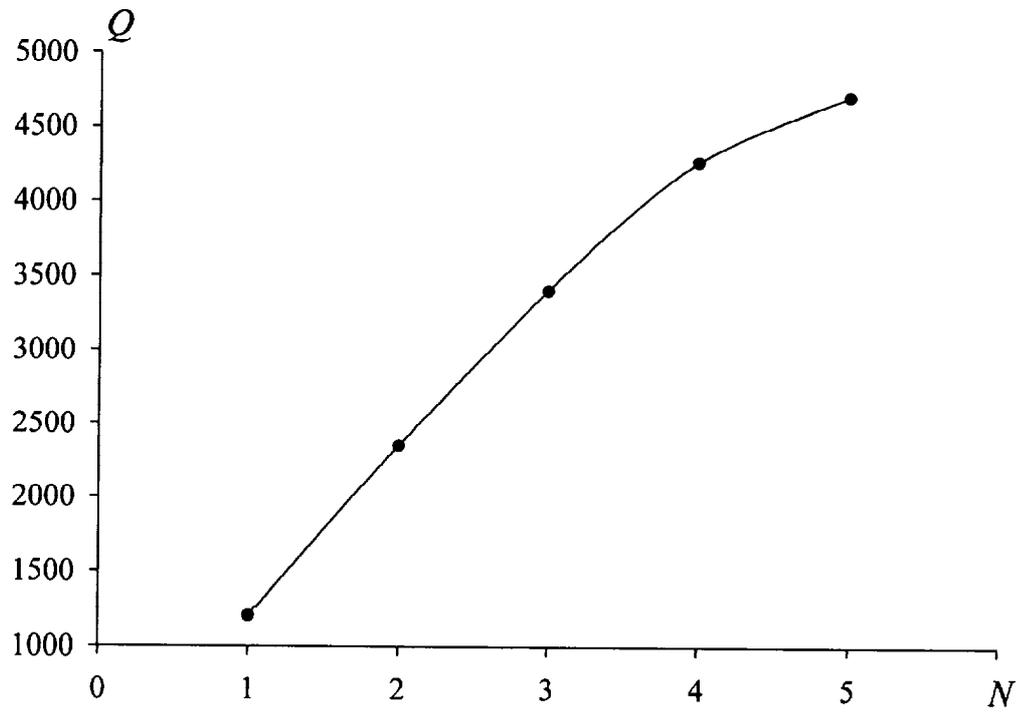
Фиг. 2



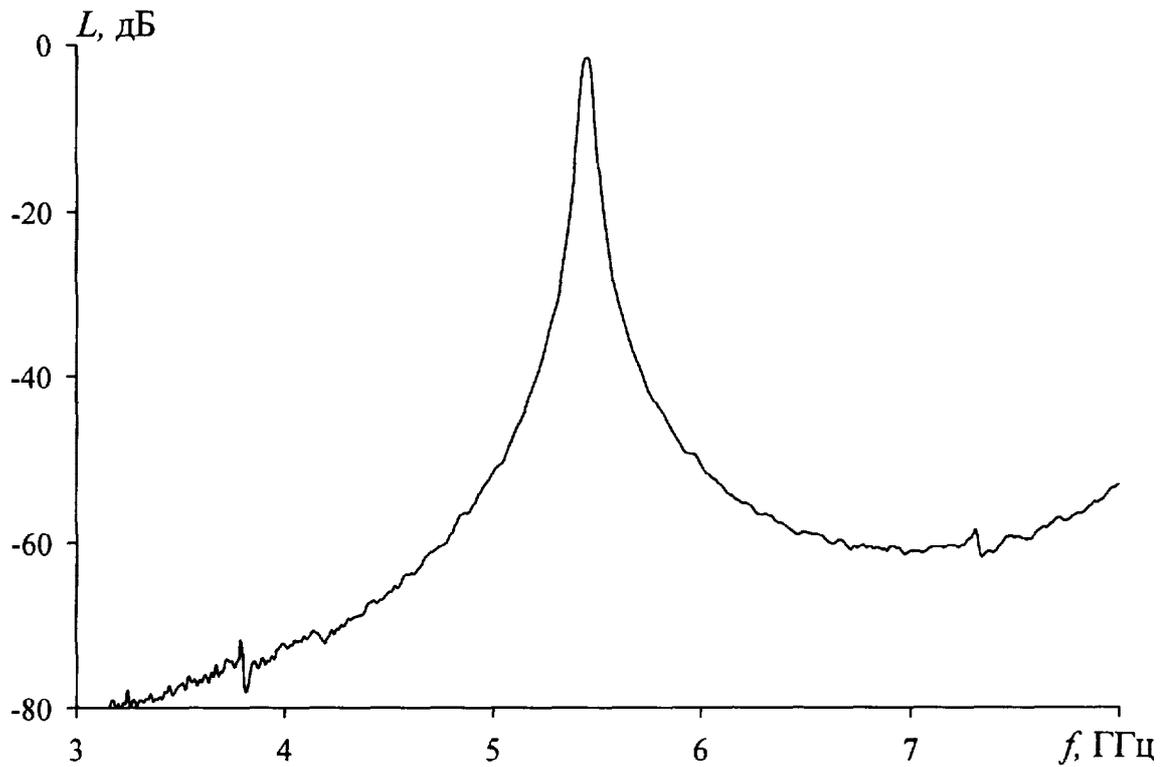
Фиг. 3



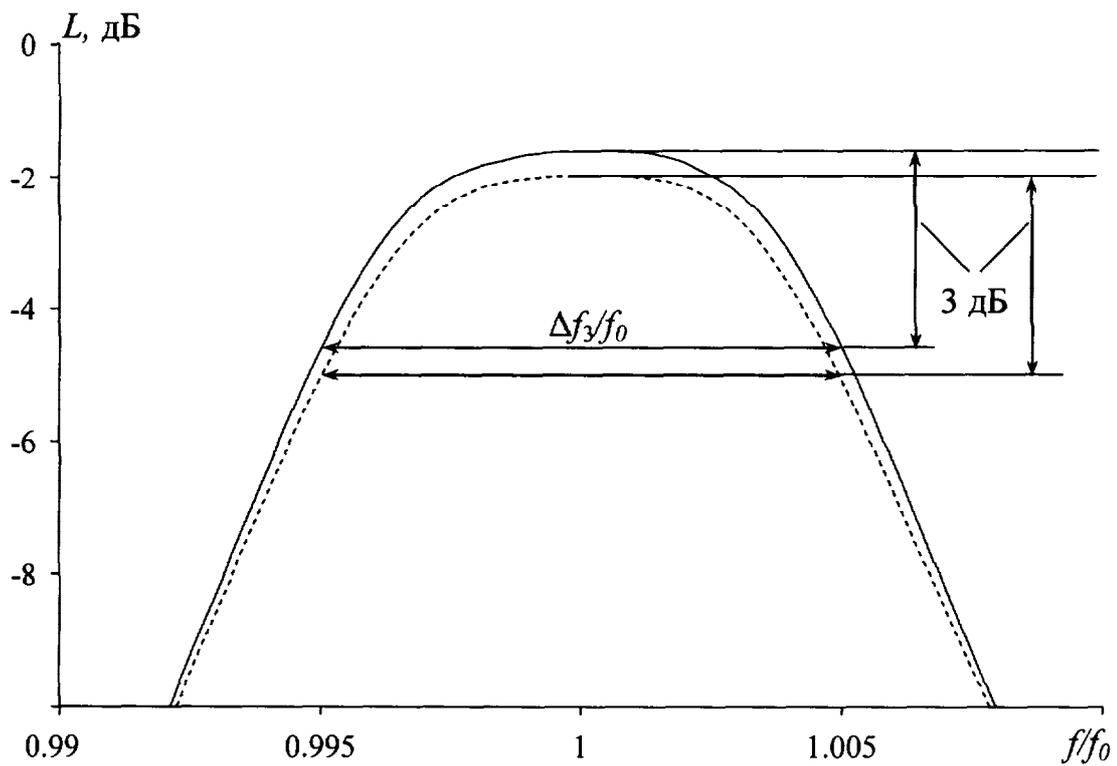
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7