



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015100764/28, 12.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.01.2015

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2352032 C1 10.04.2009. RU 2362241
C1 20.07.2009. US 4472692 A1 18.09.1984. EP
1098375 A1 09.05.2001.

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),
Галеев Ринат Гайсеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

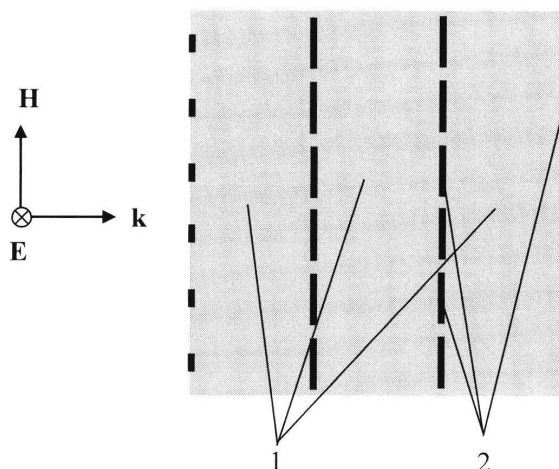
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Л.В. Киренского
Сибирского отделения Российской академии
наук (RU)

(54) МНОГОСЛОЙНЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР

(57) Реферат:

Многослойный полосно-пропускающий фильтр, относящийся к микроволновой и оптической технике, содержит параллельные слои диэлектрика резонансной толщины, каждый из которых отделен один от другого и от окружающего пространства прилегающими зеркалами. При этом каждое его зеркало

выполнено в виде плоской решетки полосковых проводников. Техническим результатом изобретения является улучшение селективных свойств фильтра, выражающееся в расширении полос заграждения выше и ниже полосы пропускания за счет значительного сужения паразитных полос пропускания. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015100764/28, 12.01.2015**
 (24) Effective date for property rights:
12.01.2015
 Priority:
 (22) Date of filing: **12.01.2015**
 (45) Date of publication: **10.04.2016** Bull. № 10
 Mail address:
660036, g. Krasnojarsk, Akademgorodok, 50, str. 38,
IF SO RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):
Beljaev Boris Afanasevich (RU),
Tjurnev Vladimir Veniaminovich (RU),
Galeev Rinat Gajseevich (RU)
 (73) Proprietor(s):
FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE
BJUDZHETNOE UCHREZHDENIE NAUKI
INSTITUT FIZIKI im. L.V. Kirenskogo
Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk
(RU)

(54) **MULTILAYER BANDPASS FILTER**

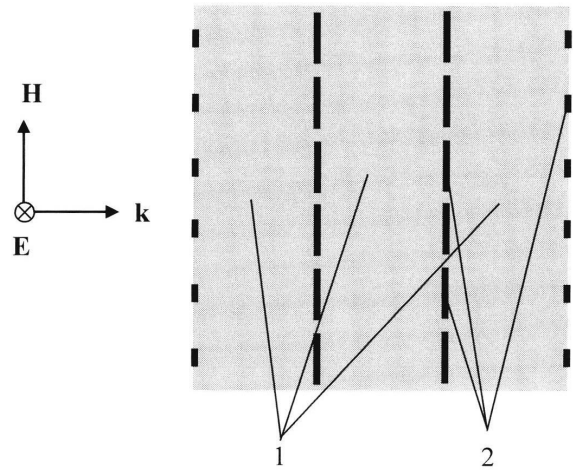
(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: multilayer bandpass filter, which is related to microwave and optical engineering, includes parallel layers of dielectric resonance thickness, each of which is separated from each other and from surrounding space adjacent mirrors. At that, each of its mirror is in form of flat array of strip conductors.

EFFECT: technical result is improved selective properties of filter, which is expressed in expansion of strips of enclosure above and below pass band due to considerable narrowing of parasite pass bands.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 1

RU 2 579 816 C1

RU 2 579 816 C1

Изобретение относится к микроволновой и оптической технике и может быть использовано в устройствах связи, преобразователях частоты и спектрометрах в диапазоне от миллиметровых до субмикронных длин волн.

Известен оптический многослойный полосно-пропускающий фильтр [Патент РФ №2316029, МПК G02B 5/28, опубл. 27.01.2008 г.]. Фильтр содержит чередующиеся диэлектрические слои из материалов с высоким и низким показателями преломления. В нем все диэлектрические слои с высоким показателем преломления выполнены из одного материала, а все слои с низким показателем преломления выполнены из второго материала. Три диэлектрических слоя фильтра имеют оптическую толщину $\lambda/2$, где λ - средняя длина волны в полосе пропускания. Они являются резонаторами фильтра. Остальные диэлектрические слои имеют оптическую толщину $\lambda/4$. Они образуют многослойные диэлектрические зеркала, отделяющие резонаторы друг от друга и от внешнего пространства. Количество слоев в наружных и внутренних зеркалах определяется предложенными математическими формулами, зависящими только от двух величин - от отношения показателей преломления двух используемых материалов и от относительной ширины полосы пропускания фильтра.

Недостатком известного многослойного полосно-пропускающего фильтра является необходимость использования в нем многослойных диэлектрических зеркал с большим числом слоев, когда требуется сформировать узкую полосу пропускания. Большое число слоев в зеркалах приводит к расширению паразитных полос пропускания фильтра, а значит, к сужению полос заграждения, расположенных по обе стороны полосы пропускания, то есть ухудшает селективные свойства фильтра. Расширение паразитных полос пропускания фильтра при увеличении числа слоев в многослойном зеркале является проявлением нежелательных резонансных свойств многослойных зеркал на частотах паразитных полос пропускания.

Наиболее близким аналогом является многослойный полосно-пропускающий фильтр [Прототип: P. Vaumeister. Application of microwave technology to design an optical multilayer bandpass filter // Applied Optics. 2003. Vol. 42, №13, p. 2407-2414, Fig. 7], содержащий чередующиеся диэлектрические слои из материалов с высоким (n_H) и низким (n_L) показателями преломления, нанесенные на одну сторону стеклянной подложки. В нем все слои с высоким показателем преломления n_H выполнены из одного материала, а все слои с низким показателем преломления n_L выполнены из второго материала. Часть слоев с низким показателем n_L преломления имеют электрическую (т.е. фазовую) толщину π на центральной частоте полосы пропускания. Они являются резонаторами фильтра. Остальные слои образуют многослойные диэлектрические зеркала, отделяющие каждый резонатор от соседнего резонатора, стеклянной подложки или внешнего пространства. Обычно все диэлектрические слои в многослойных диэлектрических зеркалах фильтров имеют электрическую толщину $\pi/2$, но в описываемом аналоге для уменьшения неравномерности в полосе пропускания центральный слой каждого зеркала заменен симметричной структурой, состоящей из трех слоев определенной толщины. Эта трехслойная структура эквивалентна на центральной частоте полосы пропускания четвертьволновому слою с некоторым эффективным показателем преломления, отличным от n_L и n_H .

В наиболее близком аналоге при узкой полосе пропускания, получающейся только при большом числе слоев в многослойных диэлектрических зеркалах фильтра, также нельзя получить широкие полосы заграждения.

Техническим результатом заявляемого изобретения является улучшение селективных

свойств фильтра, выражающееся в расширении полос заграждения выше и ниже полосы пропускания за счет значительного сужения нижней паразитной полосы и ближайшей верхней паразитной полосы пропускания, центральная частота которой остается неизменной.

5 Технический результат достигается тем, что в многослойном полосно-пропускающем фильтре, содержащем параллельные слои диэлектрика резонансной толщины, каждый из которых отделен один от другого и от окружающего пространства прилегающими зеркалами, новым является то, что каждое зеркало выполнено в виде плоской решетки полосковых проводников.

10 Отличается заявляемый фильтр от наиболее близкого аналога тем, что в нем вместо многослойных диэлектрических зеркал, разделяющих однослойные резонаторы один от другого и от окружающего пространства, используются плоские решетки полосковых проводников с соответствующей отражательной способностью, которую можно плавно изменять, варьируя геометрические параметры решетки.

15 Достоинством зеркал, выполненных в виде плоских решеток полосковых проводников, является то, что они, в отличие от многослойных зеркал, не проявляют резонансных свойств вплоть до высоких частот, при которых длина волны приближается к удвоенному периоду решетки, и потому не расширяют паразитные полосы пропускания, а значит, не сужают полосы заграждения.

20 Это отличие позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признак, отличающий заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлен в других технических решениях при изучении данной и смежных областей техники и, следовательно, обеспечивает заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

25 Сущность изобретения поясняется чертежами.

На фиг. 1 изображено поперечное сечение многослойного полосно-пропускающего фильтра третьего порядка. Здесь 1 - слой диэлектрика, 2 - полосковые проводники зеркал (их поперечные сечения); векторы k , E и H указывают направление распространения падающей волны и направления ее электрического и магнитного поля соответственно.

30 На фиг. 2 представлена расчетная частотная зависимость коэффициента прохождения мощности электромагнитной волны для многослойного полосно-пропускающего фильтра третьего порядка.

35 На фиг. 3 приведено сравнение расчетных зависимостей коэффициента прохождения от нормированной частоты f/f_0 для заявляемого фильтра и его ближайшего аналога. Здесь 3 - характеристика заявляемого фильтра, 4 - характеристика ближайшего аналога.

40 Пример осуществления изобретения показан на фиг. 1. Фильтр имеет три слоя диэлектрика 1, выполненных из фольгированного листового материала ФЛАН-2.8. Этот материал имеет относительную диэлектрическую проницаемость $\epsilon_r=2.8$. Два наружных слоя имеют толщину $h_1=3.789$ мм, а внутренний слой - $h_2=4.000$ мм. В сплошной металлизации листового материала ФЛАН-2.8 вытравлены с помощью фотолитографии полосковые проводники 2, образующие плоскую одномерную периодическую решетку, которая выполняет функцию зеркала с требуемой
45 отражательной способностью. Полосковые проводники 2 всех решеток параллельны и направлены вдоль направления электрического поля E падающей электромагнитной волны. Все решетки имеют период $T=1$ мм. Полосковые проводники в двух наружных решетках имеют зазор $S_1=720$ мкм, а в двух внутренних решетках - $S_2=200$ мкм.

Частотная характеристика для приведенного примера фильтра показана на фиг. 2. Рабочая полоса пропускания имеет центральную частоту $f_0=22.25$ ГГц и относительную ширину $\Delta f/f_0=1.00\%$ по уровню - 3 дБ. На частотах ниже частоты f_0 паразитные полосы пропускания отсутствуют. Ближайшая паразитная полоса пропускания имеет

5

центральную частоту $f_1=2f_0$ при ее относительной ширине всего 0.78%.

Сравнение частотной характеристики 3 заявляемого фильтра с характеристикой 4 ближайшего аналога для случая, когда порядок фильтров равен трем, а относительная ширина полосы пропускания $\Delta f/f_0=2.00\%$, показано на фиг. 3.

10

Многослойный фильтр работает следующим образом. Он представляет собой систему из трех связанных резонаторов. Резонатором является каждый слой диэлектрика в фильтре. Внешними линиями передачи фильтра является свободное пространство по обе стороны конструкции, в котором могут распространяться падающие и отраженные плоские электромагнитные волны. Цепями связи в фильтре являются решетки

15

полосковых проводников. Две наружные решетки полосковых проводников обеспечивают оптимальную связь двух наружных резонаторов с внешними линиями передачи. Величину такой связи обычно характеризуют внешней добротностью Q_e . Эта связь тем больше, чем меньше Q_e . Две внутренние решетки полосковых проводников обеспечивают оптимальную

20

связь внутреннего резонатора с соседними резонаторами. Связь между резонаторами характеризуют коэффициентом связи k . Оптимальные значения Q_e и k зависят от требуемой относительной ширины полосы пропускания. Они могут быть рассчитаны по известным формулам. Из них, в частности, следует, что все связи в фильтре пропорциональны относительной ширине полосы пропускания. Оптимальные величины

25

связей в фильтре обеспечиваются выбором величины зазора между полосковыми проводниками решетки. Чем больше величина зазора, тем сильнее связь.

30

Резонансные частоты всех резонаторов должны совпадать с центральной частотой f_0 требуемой полосы пропускания. В отсутствие связей резонаторов это условие выполняется, если толщина h каждого слоя диэлектрика равна $\lambda_g/2$, где λ_g - длина поперечной волны в диэлектрике на частоте f_0 . Однако решетки полосковых

35

проводников возмущают резонансные частоты резонаторов, причем тем больше, чем шире зазор S между полосковыми проводниками. Поэтому оптимальная толщина слоев получается чуть меньше половины длины волны. В приведенном примере слои имеют

толщины $h_1=0.471\lambda_g$, $h_2=0.497\lambda_g$.

Таким образом, преимуществом заявляемого многослойного фильтра является большая ширина нижней и верхней полос заграждения. Он может быть изготовлен из материалов с произвольной диэлектрической проницаемостью, имеет меньшее число

40

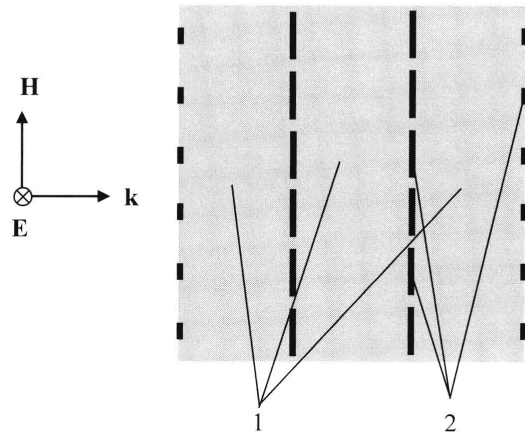
Формула изобретения

Многослойный полосно-пропускающий фильтр, содержащий параллельные слои диэлектрика резонансной толщины, каждый из которых отделен один от другого и от окружающего пространства прилегающими зеркалами, отличающийся тем, что каждое

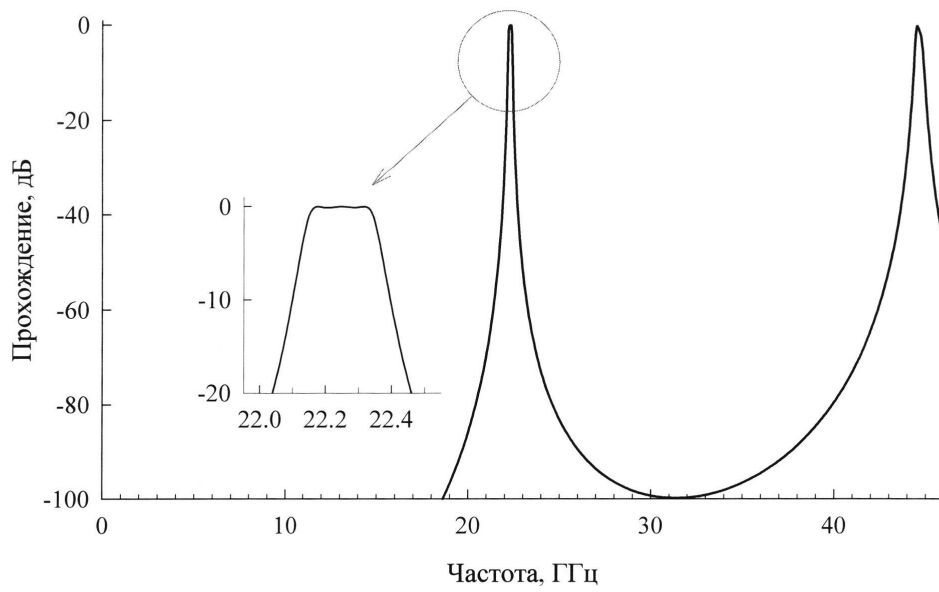
45

его зеркало представляет собой плоскую решетку полосковых проводников.

МНОГОСЛОЙНЫЙ ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ ФИЛЬТР



Фиг. 1



Фиг. 2

