



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H03H 9/64 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022118236, 05.07.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.07.2022

Дата регистрации:  
15.11.2022

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 05.07.2022

(45) Опубликовано: 15.11.2022 Бюл. № 32

Адрес для переписки:  
660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,  
ФГБНУ "ФИЦ "Красноярский НЦ  
Сибирского отделения РАН", отдел патентной  
и изобретательской работы, Горяева Наталья  
Геннадьевна

(72) Автор(ы):

Сержантов Алексей Михайлович (RU),  
Завьялов Ярослав Борисович (RU),  
Боев Никита Михайлович (RU),  
Бальва Ярослав Федорович (RU),  
Лексиков Андрей Александрович (RU),  
Шумилов Тимофей Юрьевич (RU),  
Ефимов Артем Юрьевич (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: US 11036910 B2, 15.06.2021. RU 13127  
U1, 20.03.2000. US 9705473 B2, 11.06.2017. US  
2020028493 A1, 23.01.2020. WO 2022109544 A1,  
27.05.2022.

## (54) ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИЙ РЕЗОНАТОРНЫЙ ПАВ-ФИЛЬТР

(57) Реферат:

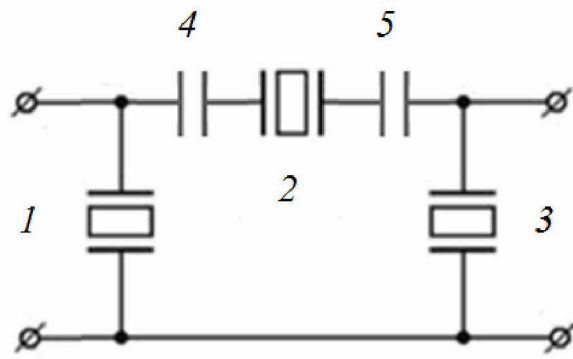
Изобретение относится к технике  
сверхвысоких частот и предназначено для  
частотной селекции сигналов в системах связи,  
радиолокации, различной измерительной и  
специальной радиоаппаратуре. Техническим  
результатом изобретения является увеличение  
селективности полосно-пропускающего  
резонаторного ПАВ-фильтра. Полосно-  
пропускающий резонаторный ПАВ-фильтр  
состоит из трех идентичных ПАВ-резонаторов,

электрически соединенных по схеме П-образного  
звена. Устройство дополнительно содержит два  
конденсатора, включенные последовательно с  
входом и выходом центрального ПАВ-  
резонатора. Величина емкостей конденсаторов  
выбирается исходя из условия достижения  
наилучшей прямоугольности формы амплитудно-  
частотной характеристики коэффициента  
передачи ПАВ-фильтра. 2 ил.

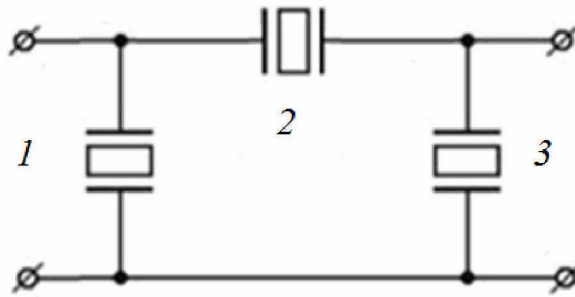
RU 2 783 590 C1

RU 2 783 590 C1

a)



б)



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H03H 9/64 (2022.08)*

(21)(22) Application: **2022118236, 05.07.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**05.07.2022**

Registration date:  
**15.11.2022**

Priority:

(22) Date of filing: **05.07.2022**

(45) Date of publication: **15.11.2022 Bull. № 32**

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,  
FGBNU "FITS "Krasnoyarskij NTS Sibirskogo  
otdeleniya RAN", otdel patentnoj i izobretatelskoj  
raboty, Goryaeva Natalya Gennadevna**

(72) Inventor(s):

**Serzhantov Aleksei Mikhailovich (RU),  
Zavialov Iaroslav Borisovich (RU),  
Boev Nikita Mikhailovich (RU),  
Balva Iaroslav Fedorovich (RU),  
Leksikov Andrei Aleksandrovich (RU),  
Shumilov Timofei Iurevich (RU),  
Efimov Artem Iurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **BANDPASS CAVITY SAW FILTER**

(57) Abstract:

FIELD: microwave technology.

SUBSTANCE: invention relates to microwave technology and is intended for frequency selection of signals in communication systems, radar, various measuring and special radio equipment. The bandpass resonator SAW filter consists of three identical SAW resonators electrically connected in a U-shaped circuit. The device additionally contains two capacitors connected in series with the input and output of the

central SAW resonator. The value of the capacitances of the capacitors is selected based on the condition for achieving the best squareness of the shape of the amplitude-frequency characteristic of the SAW filter transfer coefficient.

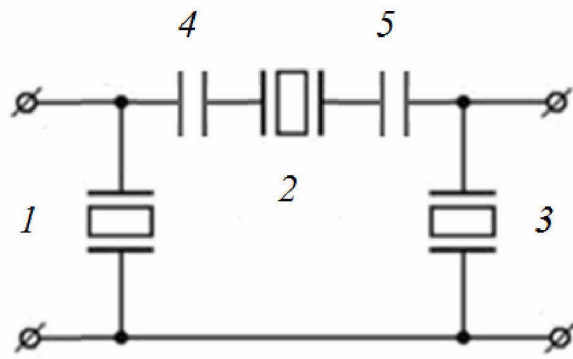
EFFECT: increase in the selectivity of the bandpass resonator SAW filter.

1 cl, 2 dwg

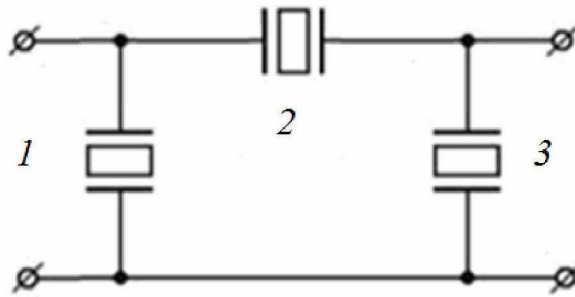
**RU 2 783 590 C1**

**RU 2 783 590 C1**

a)



б)



Фиг. 1

Изобретение относится к технике сверхвысоких частот и предназначено для частотной селекции сигналов в системах связи, радиолокации, различной измерительной и специальной радиоаппаратуре.

Известна конструкция трансверсального полосно-пропускающего фильтра на 5 поверхностных акустических волнах (ПАВ) [Фарнелл Дж., Милсон Р., Редвуд М. и др. Фильтры на поверхностных акустических волнах: Расчет, технология и применение / Под ред. Г. Мэттьюза. - М.: Радио и связь, 1981. – 472 с.] Фильтр состоит из входного и выходного встречно-штыревых преобразователей (ВШП), нанесенных на поверхность 10 пьезоэлектрической среды (звукопровода), в которой могут распространяться поверхностные акустические волны. Отличительной особенностью трансверсальных фильтров на ПАВ является то, что их амплитудно-частотная характеристика определяется пространственным расположением и видом аподизации электродов ВШП. Такие фильтры имеют небольшие габариты и массу, а также высокую крутизну склонов 15 полосы пропускания. Главным недостатком трансверсальных фильтров является большое вносимое затухание в полосе пропускания (уровень вносимого затухания порядка 15–25 дБ), что ограничивает область их применения в основном трактами промежуточной частоты.

Наиболее близким аналогом по совокупности существенных признаков является конструкция резонаторного ПАВ-фильтра [Багдасарян А. С., Сеницына Т. В., 20 Груздев А. С., Гарифулина А. Т. Базовые конструкции фильтров на ПАВ с высокой входной мощностью для радиотехнических систем связи / Сборник научных трудов XXI Международной научно-технической конференции «Высокие технологии в промышленности России», Москва, 2016 г.) с. 35-41 (прототип)]. Фильтр, состоящий из трех ПАВ-резонаторов соединенных по схеме П-образного звена, имеет небольшие 25 габариты и массу. В отличие от первого аналога уровень вносимого затухания такого резонаторного ПАВ-фильтра в полосе пропускания значительно меньше (0.5–4 дБ), что особенно важно при использовании устройств во входных каскадах радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Недостатком ближайшего аналога является низкая селективность, которая обусловлена невысокой прямоугольностью формы 30 амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи фильтра.

Техническим результатом изобретения является увеличение селективности резонаторного ПАВ-фильтра.

Указанный технический результат достигается тем, что в полосно-пропускающем резонаторном ПАВ-фильтре, содержащем ПАВ-резонаторы, электрически соединенные 35 между собой по схеме П-образного звена, новым является то, что устройство дополнительно содержит два конденсатора включенные последовательно с входом и выходом центрального ПАВ-резонатора, номинальная величина которых выбирается из условия наилучшей прямоугольности формы амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи ПАВ-фильтра.

Отличие заявляемого устройства от наиболее близкого аналога заключается в том, что в заявляемом резонаторном ПАВ-фильтре, выполненном по электрической схеме П-образного звена, центральный ПАВ-резонатор включен в электрическую схему через 40 последовательные конденсаторы. Величина емкости конденсаторов выбирается исходя из условия наилучшей прямоугольности амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи.

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».

Сущность изобретения поясняется с помощью следующих графических материалов. На фиг. 1а показана электрическая схема заявляемой конструкции фильтра на ПАВ-резонаторах, а на фиг. 1б электрическая схема фильтра-прототипа. На фиг. 2 изображены рассчитанные частотные зависимости коэффициента передачи  $S_{21}$  и коэффициента отражения  $S_{11}$  ПАВ-фильтров третьего порядка заявляемой конструкции (соответственно, сплошная линия и точки) и конструкции фильтра-прототипа (штриховая линия и штрих-пунктир).

Заявляемый полосно-пропускающий резонаторный ПАВ-фильтр состоит из трех идентичных ПАВ-резонаторов 1, 2 и 3 электрически соединенных по схеме П-образного звена (фиг. 1а). Центральный ПАВ-резонатор 2 включен в электрическую схему через последовательные идентичные конденсаторы 4 и 5. Известно, что основой для построения полосовых фильтров на основе ПАВ-резонаторов являются Г, Т и П-образные элементарные звенья. На фиг. 1б представлена традиционная электрическая схема фильтра на основе П-образного звена, состоящего из трех идентичных ПАВ-резонаторов. Также известно, что в полосе пропускания оптимально настроенного резонаторного полосно-пропускающего фильтра число минимумов на частотной зависимости коэффициента отражения  $S_{11}(f)$  должно быть равно числу резонаторов, а максимумы коэффициента отражения должны находиться на одном уровне.

Благодаря введению в электрическую схему фильтра на ПАВ-резонаторах конденсаторов 4 и 5, можно всегда подбором их номинального значения добиться одинакового уровня максимумов коэффициента отражения на характеристике  $S_{11}(f)$  в полосе пропускания фильтра, т. е. обеспечить оптимальную форму частотной зависимости коэффициента отражения, что позволяет достичь наилучшей прямоугельности амплитудно-частотной характеристики при прочих равных условиях. В случае фильтра-прототипа при использовании в нем идентичных ПАВ-резонаторов достигнуть оптимальной формы амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи  $S_{21}(f)$  практически невозможно.

Полосно-пропускающий резонаторный ПАВ-фильтр работает следующим образом. Внешние линии передачи подключены к наружным ПАВ-резонаторам как показано на фиг. 1а. 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.

В подтверждение заявляемого технического результата на фиг. 2 сплошной линией и точками изображены рассчитанные частотные зависимости коэффициента передачи  $S_{21}(f)$  и коэффициента отражения  $S_{11}(f)$  ПАВ-фильтра, выполненного по предлагаемой П-образной схеме из трех резонаторов и двух конденсаторов. Каждый ПАВ-резонатор фильтра состоит из двух встречно-штыревых преобразователей размещенных между двумя отражательными структурами. Один из концов каждого ВШП заземлен, а свободные концы являются входом и выходом резонатора. Для расчета характеристик ПАВ-резонатора была использована 2.5D-модель, для анализа которой использован метод конечных элементов. Основные конструктивные параметры резонатора были следующими: подложка толщиной 171 мкм выполнена из ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ), толщина поглощающего слоя 102.6 мкм; количество пар электродов и период ВШП  $N=20$  и  $T_{\text{ВШП}}=34.2$  мкм, количество электродов и период отражателей  $N=200$  и

$T_{отр}=34.4$  мкм. Расстояние между ВШП составляет 286.4 мкм, а расстояние между ВШП и отражателем 359.1 мкм; материал электродов – алюминий толщиной 100 нм. Длина штырей (апертура ВШП) составляет 3.7 мм. При указанных конструктивных параметрах ПАВ-резонатора его резонансная частота составила примерно 100 МГц. Рассчитана частотная зависимость коэффициента передачи  $S_{21}(f)$  ПАВ резонатора, имеющего слабую связь с внешним трактом, а по ширине резонансной кривой была вычислена его собственная добротность, которая составила  $Q_0 \approx 5000$ .

Найдено, что номинальное значение конденсаторов в оптимально настроенном фильтре составляет  $C = 40$  пФ. Фильтр имеет центральную частоту полосы пропускания  $f_0 \approx 100$  МГц и ее относительную ширину  $\Delta f/f_0 = 0.5$  %. Минимальное вносимое затухание в полосе пропускания составляет всего 0.7 дБ. Из представленных зависимостей видно, что благодаря наличию вблизи полосы пропускания нулей коэффициента передачи фильтр обладает большой крутизной склонов амплитудно-частотной характеристики.

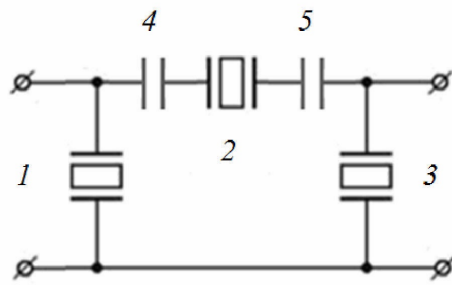
Для сравнения на фиг. 2 штриховой и штрихпунктирной линией показаны рассчитанные частотные зависимости коэффициента передачи  $S_{21}(f)$  и коэффициента отражения  $S_{11}(f)$  фильтра-прототипа, отличающегося от заявляемого фильтра только отсутствием конденсаторов  $C$ . Заявляемая конструкция фильтра имеет не только меньший уровень отражений  $S_{11}(f)$  в полосе пропускания, но и лучшую прямоугольность формы амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи  $S_{21}(f)$ . Так коэффициент прямоугольности (отношение ширины полосы пропускания по уровню затухания 30 дБ к ширине полосы пропускания по уровню затухания 3 дБ) для фильтра-прототипа составляет  $\Delta f_{30}/\Delta f_3 = 3.3$ , а для заявляемого фильтра  $\Delta f_{30}/\Delta f_3 = 2.07$ , что подтверждает заявленный технический результат.

Таким образом, заявляемая конструкция полосно-пропускающего резонаторного ПАВ-фильтра позволяет реализовывать на ее основе миниатюрные и высокоселективные устройства частотной селекции сигналов.

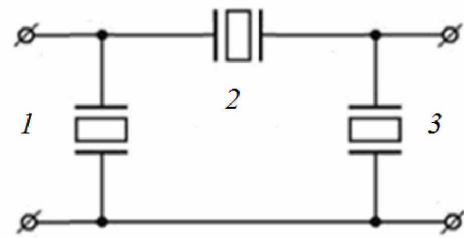
#### (57) Формула изобретения

Полосно-пропускающий резонаторный ПАВ-фильтр, содержащий ПАВ-резонаторы, электрически соединенные между собой по схеме П-образного звена, отличающийся тем, что устройство дополнительно содержит два конденсатора, включенные последовательно с входом и выходом центрального ПАВ-резонатора, номинальная величина которых выбирается из условия наилучшей прямоугольности формы амплитудно-частотной характеристики коэффициента передачи ПАВ-фильтра.

a)

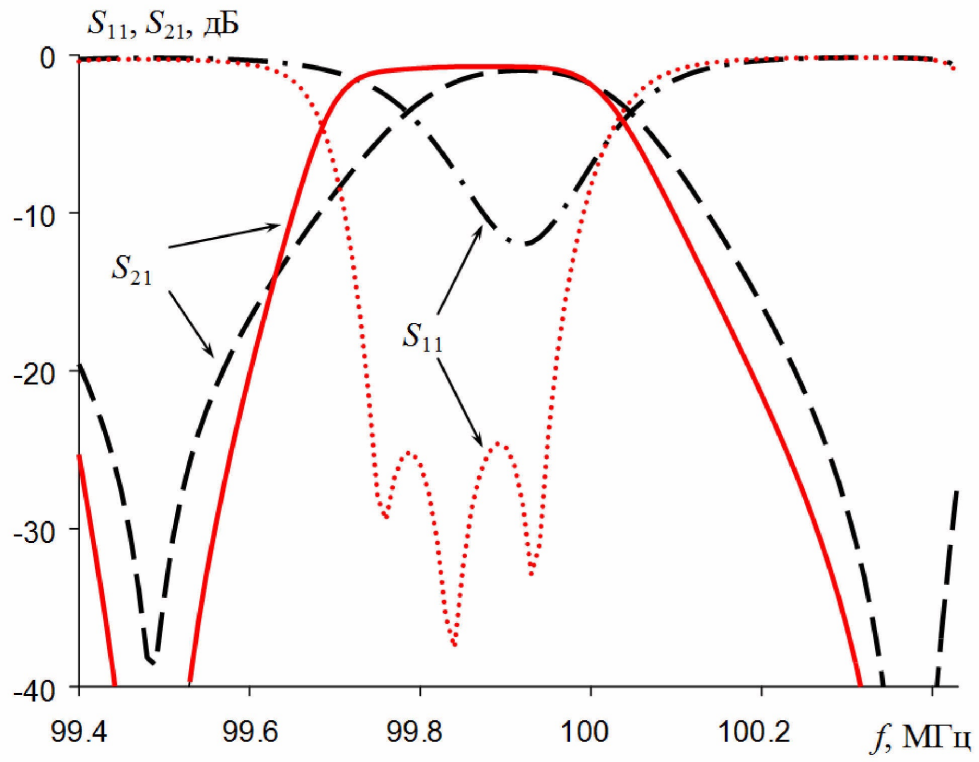


b)



Фиг. 1





Фиг. 2