



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01Q 5/10 (2022.08); *G01S 19/00* (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022112328, 04.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.05.2022

Дата регистрации:
18.11.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.05.2022

(45) Опубликовано: 18.11.2022 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,
ФИЦ КНЦ СО РАН, КНЦ СО РАН, отдел
патентной и изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Сержантов Алексей Михайлович (RU),
Беляев Борис Афанасьевич (RU),
Боев Никита Михайлович (RU),
Бальва Ярослав Федорович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр "Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

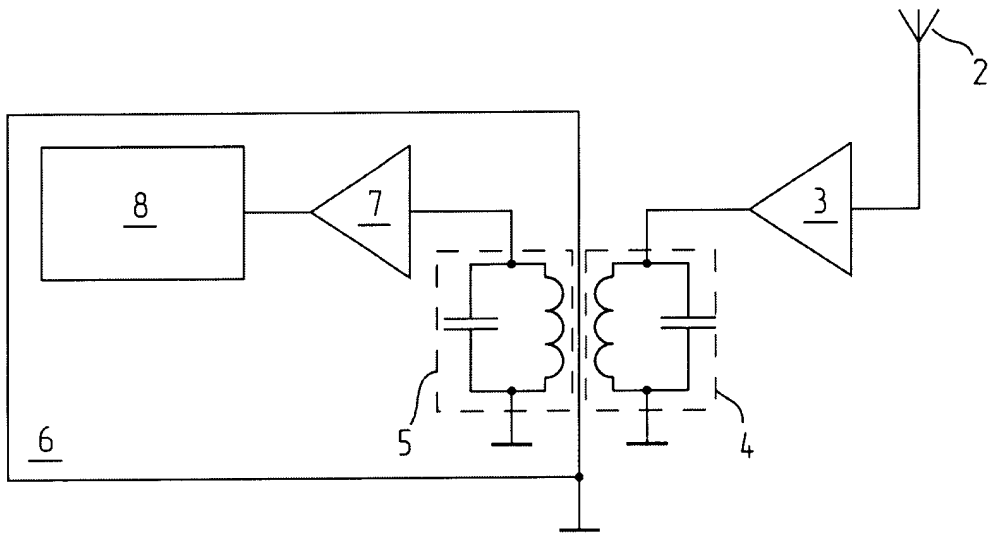
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2020319286 A1, 08.10.2020. В.М.
Тургалиев "Емкостно-нагруженные
резонаторы и фильтры свч на их основе",
Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук Санкт-
Петербург, 2015, 18 стр. RU 2619363 C1,
15.05.2017. RU 2378745 C2, 10.01.2010. CN
108008190 A, 08.05.2018. WO 2019213784 A1,
14.11.2019.

(54) Устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и связи, предназначено для беспроводной передачи сигналов спутниковых радионавигационных систем к потребителям, находящимся внутри металлических экранов. Техническим результатом заявленного решения является обеспечение возможности приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлических экранов. Такой результат достигается тем, что устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана содержит приемную антенну, приемник спутниковых

радионавигационных сигналов, новым является то, что в устройство дополнительно добавлены два СВЧ-резонатора, при этом первый находится внутри металлического экрана и подключен к приемнику спутниковых навигационных сигналов, а второй - снаружи экрана и подключен к приемной антенне, причем параметры СВЧ-резонаторов и величина магнитной связи между ними выбираются таким образом, чтобы на частотной зависимости коэффициента передачи сигнала наблюдался максимум коэффициента передачи на рабочих частотах спутниковых радионавигационных систем. 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01Q 5/10 (2015.01)
G01S 19/00 (2010.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01Q 5/10 (2022.08); *G01S 19/00* (2022.08)

(21)(22) Application: **2022112328, 04.05.2022**

(24) Effective date for property rights:
04.05.2022

Registration date:
18.11.2022

Priority:

(22) Date of filing: **04.05.2022**

(45) Date of publication: **18.11.2022 Bull. № 32**

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,
FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN, otdel
patentnoj i izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Serzhantov Aleksej Mikhajlovich (RU),
Belyaev Boris Afanasevich (RU),
Boev Nikita Mikhajlovich (RU),
Balva Yaroslav Fedorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)
(RU)**

(54) **DEVICE FOR RECEIVING SIGNALS FROM SATELLITE RADIO NAVIGATION SYSTEMS INSIDE A METAL SCREEN**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering and communications.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering and communications, and is intended for wireless transmission of signals from satellite radio navigation systems to consumers located inside metal screens. The effect is achieved by the fact that the device for receiving signals of satellite radio navigation systems inside the metal screen contains a receiving antenna, a receiver of satellite radio navigation signals, the novelty is that two microwave resonators are additionally added to the device, while the first one is inside the metal screen and is connected to the

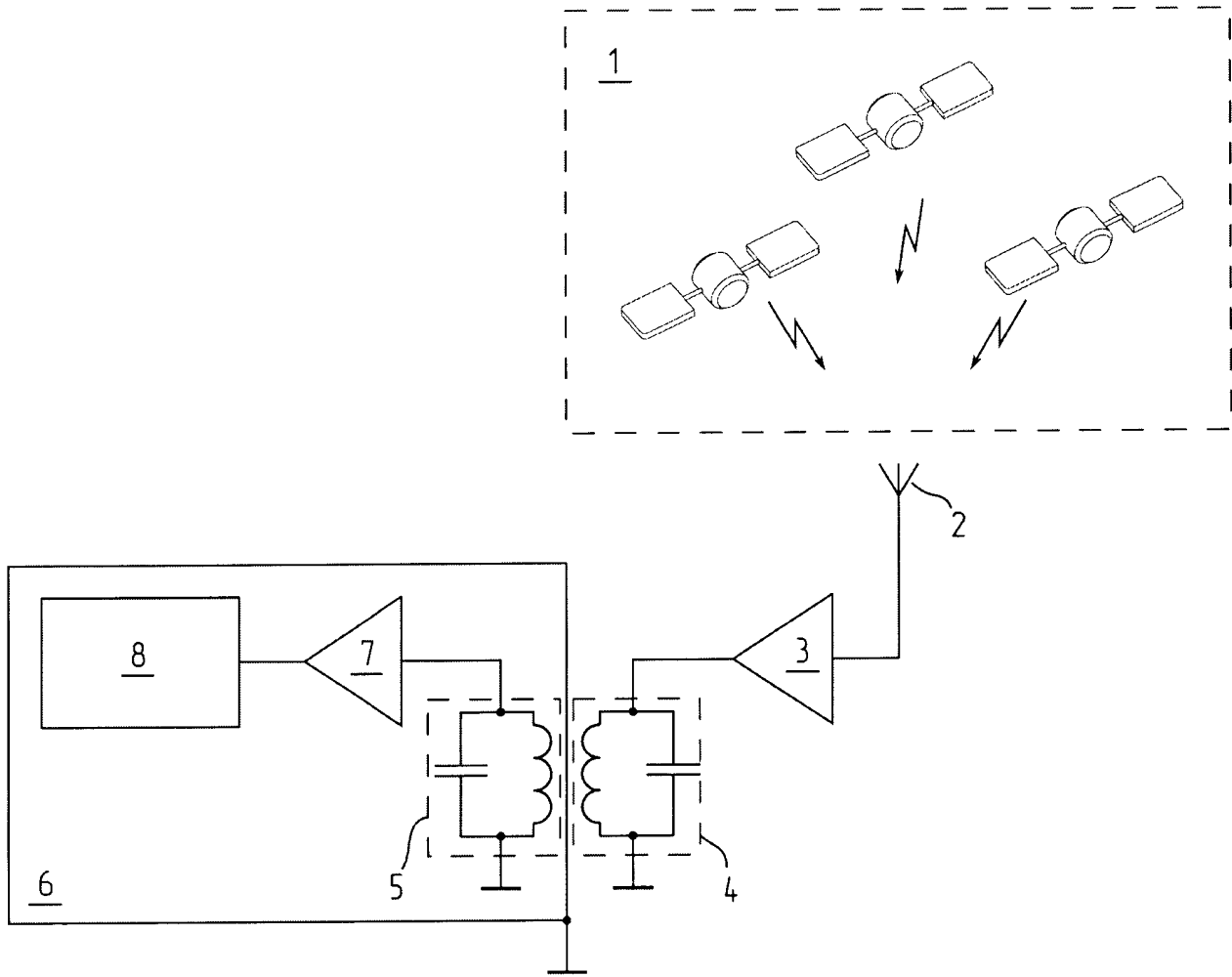
receiver satellite navigation signals, and the second - outside the screen and connected to the receiving antenna, and the parameters of the microwave resonators and the magnitude of the magnetic coupling between them are selected so that the frequency dependence of the signal transmission coefficient shows a maximum transmission coefficient at the operating frequencies of satellite radio navigation systems.

EFFECT: ensuring the possibility of receiving signals from satellite radio navigation systems inside metal screens.

1 cl, 5 dwg

RU 2 783 807 C1

RU 2 783 807 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к области электротехники и связи, предназначено для беспроводной передачи сигналов спутниковых радионавигационных систем к потребителям, находящимся внутри металлических экранов.

Известно устройство для приема сигналов спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС [Харисов В.Н. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / В.Н. Харисов, А.И. Перов, В.А. Болдин. - М.: ИПРЖР, 1998. - 400 с. (прототип)], содержащее приемную антенну и приемник спутниковой радионавигационной системы.

Недостатком конструкции прототипа является невозможность приема сигналов внутри корпуса металлического полностью замкнутого экрана.

Техническим результатом заявленного решения является обеспечение возможности приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлических экранов.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в устройстве для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана, содержащем приемную антенну, приемник спутниковых радионавигационных сигналов, новым является то, что в устройство дополнительно добавлены два СВЧ-резонатора, при этом первый находится внутри металлического экрана и подключен к приемнику спутниковых навигационных сигналов, а второй - снаружи экрана и подключен к приемной антенне, причем параметры СВЧ-резонаторов и величина магнитной связи между ними выбираются таким образом, чтобы на частотной зависимости коэффициента передачи сигнала наблюдался максимум коэффициента передачи на рабочих частотах спутниковых радионавигационных систем.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием двух электромагнитно-связанных СВЧ-резонаторов, причем эти резонаторы отделены друг от друга сплошным металлическим экраном.

Существенным отличием является то, что параметры двух СВЧ-резонаторов и величина магнитной связи между ними выбираются таким образом, чтобы на рабочих частотах спутниковых радионавигационных систем наблюдался максимум коэффициента передачи сигнала. При этом СВЧ-резонатор, находящийся снаружи металлического экрана, подключается к приемной антенне, тогда как резонатор, находящийся внутри металлического экрана подключается к приемнику спутниковых радионавигационных сигналов. За счет магнитной связи двух СВЧ-резонаторов удается передать СВЧ-сигналы спутниковых радионавигационных систем от антенны, находящейся снаружи экрана, к приемнику, находящемуся внутри экрана.

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».

Данное изобретение поясняется чертежами. На фиг. 1 изображена функциональная схема устройства для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана. На фиг. 2 показана электродинамическая модель устройства. На фиг. 3 и фиг. 4 представлены результаты численного моделирования с использованием электродинамической модели. На фиг. 5 показана зависимость толщины скин-слоя от удельной проводимости материала экрана для фиксированной частоты $f=1,6$ ГГц.

Устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана (фиг. 1) предназначено для приема сигналов от спутникового созвездия (1) и содержит приемную антенну (2), выход которой может быть подключен через первый малошумящий усилитель (3) или напрямую к первому СВЧ-резонатору (4), расположенному рядом со вторым СВЧ-резонатором (5). СВЧ-резонаторы могут быть различного исполнения, в данной конкретной реализации заявляемого устройства использованы полосковые четвертьволновые резонаторы, нагруженные на сосредоточенную емкость. При этом СВЧ-резонаторы (4) и (5) разделяет металлический экран (6), толщина которого в области размещения СВЧ-резонаторов (4) и (5) выбирается сравнимой с глубиной скин-слоя для выбранного диапазона частот сигнала. Второй СВЧ-резонатор (5) подключен через второй малошумящий усилитель (7) или напрямую к входу приемника (8) спутниковых радионавигационных сигналов. Малошумящие усилители (3) и (7) предназначены для компенсации потерь в СВЧ-резонаторах (4) и (5), а также в экране (6) и могут отсутствовать. Конструктивные параметры СВЧ-резонаторов (4) и (5) и их взаимное расположение подбирают таким образом, чтобы без металлического экрана (6) на амплитудно-частотной характеристике прямых потерь $|S_{21}|$ наблюдалась двугорбая кривая, причем частота второго максимума должна быть примерно равна центральной рабочей частоте полезного сигнала.

Устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана работает следующим образом (фиг. 1). Сигнал от спутникового созвездия (1) радионавигационных систем поступает на приемную антенну (2), усиливается первым малошумящим усилителем (3), а затем поступает на первый полосковый СВЧ-резонатор (4), индуктивно связанный со вторым полосковым СВЧ-резонатором (5) через металлический экран (6). Так как на частоте первой моды связанных колебаний СВЧ-резонаторов (4) и (5) в металлическом экране (6) наводятся сонаправленные токи, то на этой частоте наблюдается значительно затухание сигнала. Тогда как на частоте второй моды колебаний токи в металлическом экране (6) направлены встречно и взаимно компенсируются, поэтому на этой частоте наблюдается прохождение полезного сигнала к нагрузке - второму малошумящему усилителю (7) и приемнику (8) спутниковых радионавигационных систем.

Эффективность работы устройства для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана была оценена с помощью электродинамического численного 3D-моделирования. На фиг. 2 (а) показана электродинамическая модель устройства, включающая медные открытую часть корпуса (9) и закрытую часть корпуса (10), разделенные экраном (11). Для уменьшения влияния металлического экрана на характеристики полосковых СВЧ-резонаторов (собственную добротность и резонансную частоту), проводимость экрана (11) была выбрана равной 277 См/м, а толщина экрана (11) - 200 мкм. Глубина скин-слоя в этом случае составила $\Delta \approx 755$ мкм. Важно отметить, что материалом экрана может быть и материал с высокой удельной проводимостью, например, медь. В этом случае, для данного примера использования устройства, необходимо уменьшить толщину экрана до $\sim 0,42$ мкм. На фиг. 2 (б) показан разрез электродинамической модели. Внутренние размеры закрытой части корпуса (10) выбраны равными $7 \times 3 \times 3,75$ мм³ (длина, ширина, высота). С двух сторон экрана (11) симметрично размещены СВЧ-резонаторы, образованные сосредоточенными емкостями (12) и медными полосковыми проводниками (13). Величина каждой емкости (12) - 2,5 пФ. Размеры полосковых проводников (13) - $6,7 \times 1,5$ мм² (длина и ширина), расстояние между ближайшими плоскостями проводников - 0,3

мм. Входной порт (14) подключается к источнику сигналов, а выходной порт (15) - к нагрузке. На фиг. 3 показаны результаты численного электродинамического моделирования: кривая (16) показывает модуль коэффициента передачи сигнала для случая, когда экран (11) отсутствует, а кривая (17) - с экраном. Хорошо видно, что ширина полосы заграждения устройства простирается вплоть до верхней частоты моделирования - 70 ГГц. Очевидно, что с ростом частоты затухание сигнала будет только расти вплоть до оптического диапазона частот. На фиг. 4 показаны значения $|S_{11}|$ и $|S_{21}|$ для диапазона частот около 1,6 ГГц, что соответствует одному из рабочих диапазонов частот спутниковых радионавигационных систем. Как видно, ослабление сигнала на центральной частоте составляет менее 3 дБ, что позволяет отказаться на практике от дополнительных малошумящих усилителей (3) и (7) в устройстве (фиг. 1).

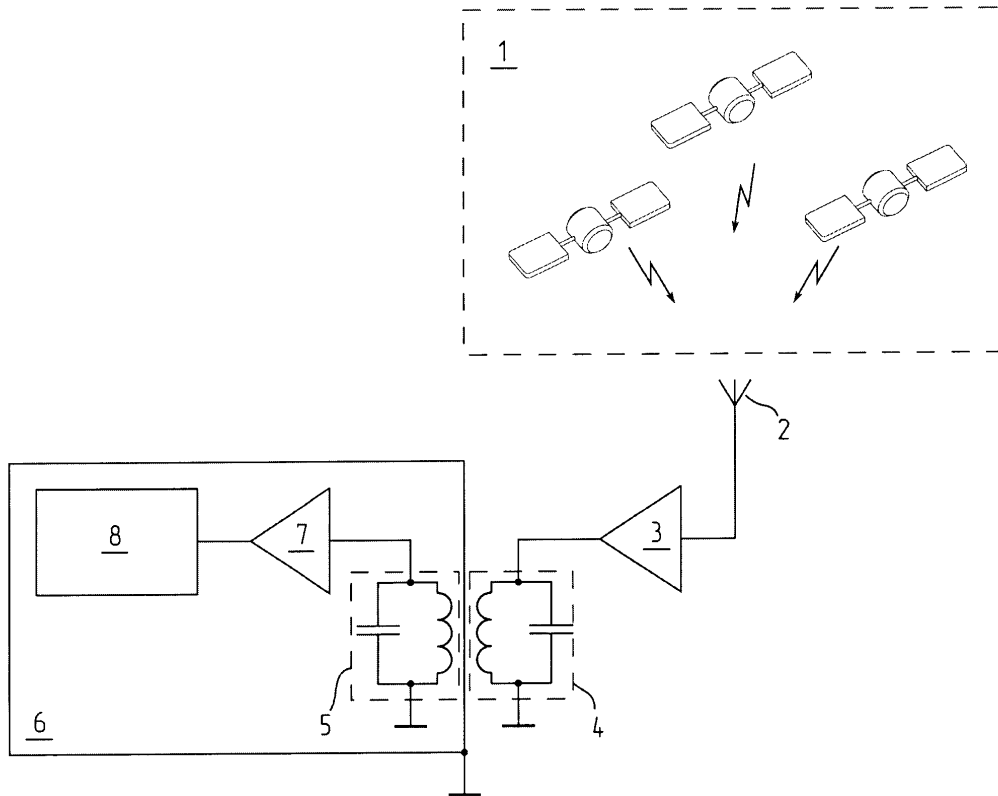
Таким образом, устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана удовлетворяет заявленному техническому результату, а именно позволяет организовать возможность приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри полностью замкнутых металлических экранов. Кроме того, заявляемое техническое решение позволяет улучшить подавление нежелательных сигналов, частоты которых лежат выше полосы частот полезного сигнала. Для того чтобы показать возможные ограничения для применения заявленного изобретения в конкретных конструкциях навигационных устройств на фиг. 5 отображена зависимость толщины скин-слоя в материале экрана в зависимости от его проводимости для фиксированной рабочей частоты $f=1,6$ ГГц. Как видно из фиг. 5, для металлов с высокой проводимостью (серебро, алюминий, медь и др.) толщина экрана в области размещения СВЧ-резонаторов должна составлять единицы-доли мкм. Таким образом, на площади до 20 мм^2 в экране с внутренней стороны может быть выполнено углубление, в котором устанавливается один из СВЧ-резонаторов, при этом второй СВЧ-резонатор может быть размещен с внешней, плоской стороны экрана. Целостность экрана при этом не нарушается.

(57) Формула изобретения

Устройство для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем внутри металлического экрана, содержащее приемную антенну, приемник спутниковых радионавигационных сигналов, отличающееся тем, что в устройство дополнительно добавлены два СВЧ-резонатора, при этом первый находится внутри металлического экрана и подключен к приемнику спутниковых навигационных сигналов, а второй - снаружи экрана и подключен к приемной антенне, причем параметры СВЧ-резонаторов и величина магнитной связи между ними выбираются таким образом, чтобы на частотной зависимости коэффициента передачи сигнала наблюдался максимум коэффициента передачи на рабочих частотах спутниковых радионавигационных систем.

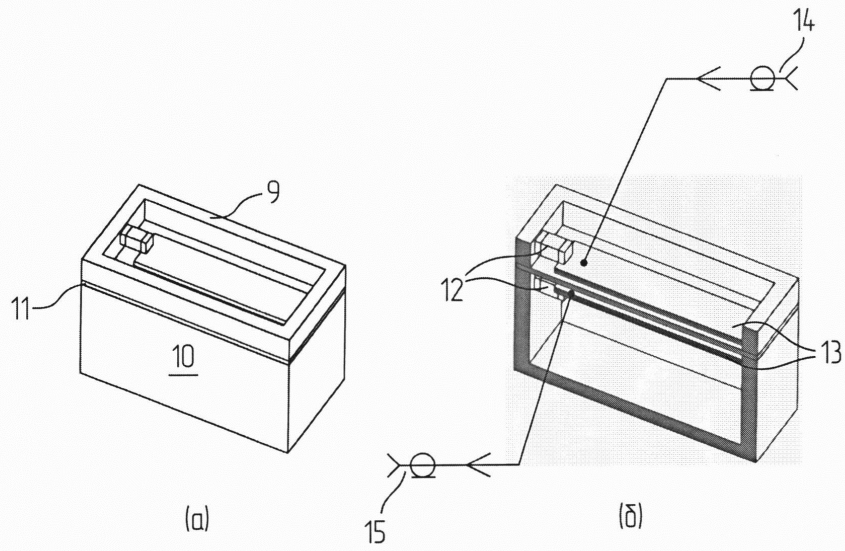
1

1/5

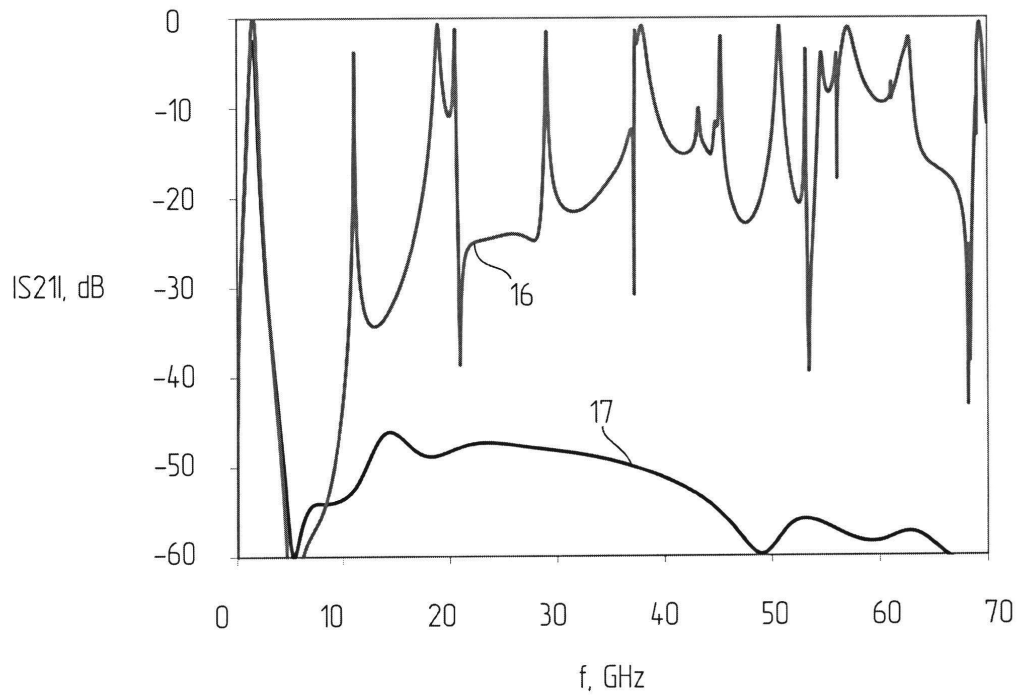


Фиг. 1

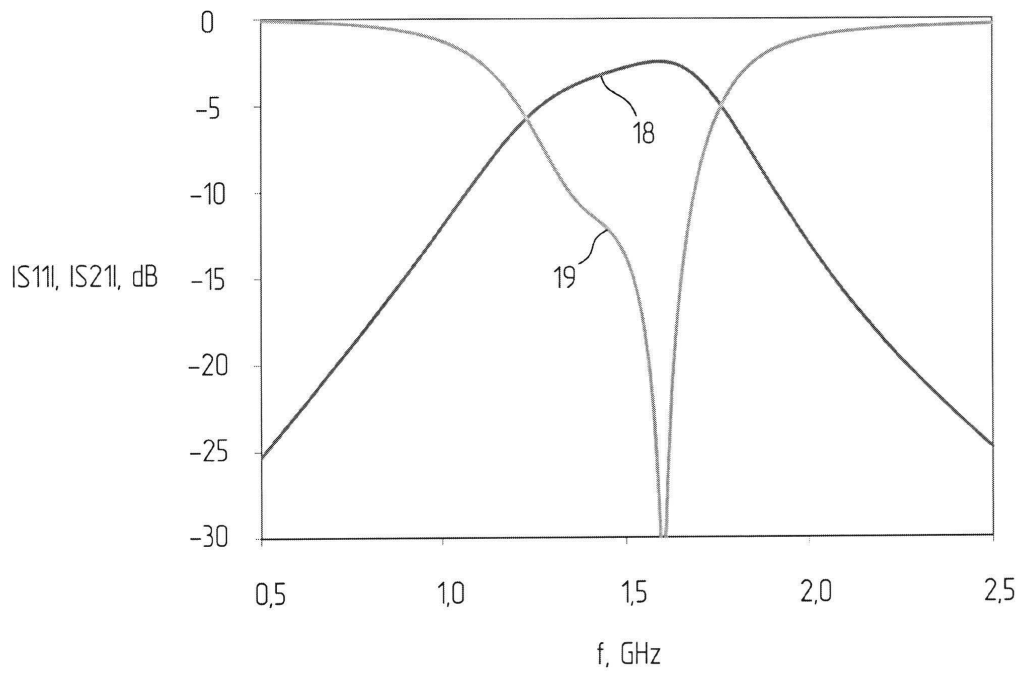
2



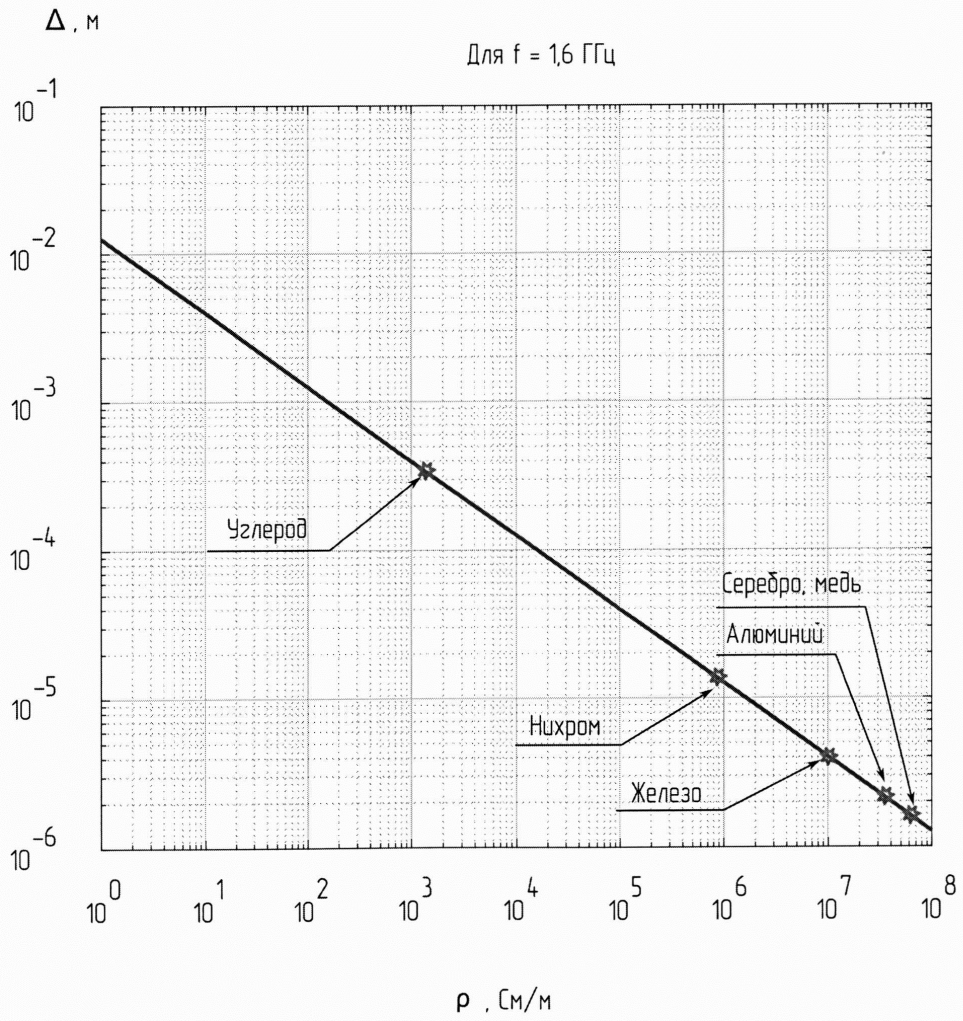
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5