



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H04B 5/02 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022111151, 22.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.04.2022

Дата регистрации:
12.09.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.04.2022

(45) Опубликовано: 12.09.2023 Бюл. № 26

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),
Лемберг Константин Вячеславович (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: JP 2012105478 A, 31.05.2012. RU
2715030 C2, 21.02.2020. US 2014323040 A1,
30.10.2014. RU 2366083 C1, 27.08.2009. WO
9304540 A1, 04.03.1993. RU 2662384 C1,
25.07.2018.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ СИСТЕМ СВЯЗИ ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ЭКРАН

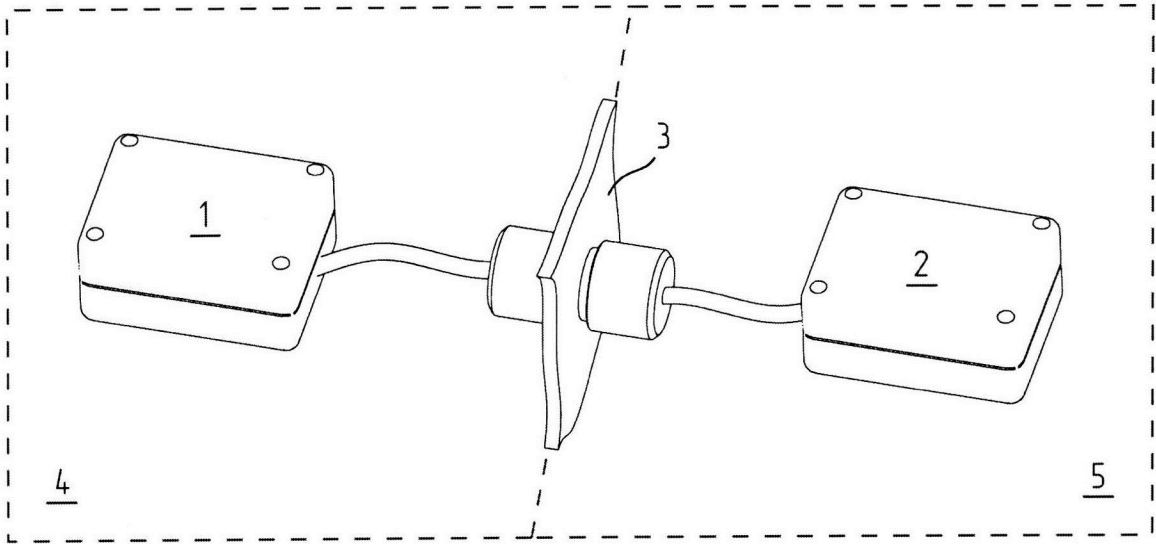
(57) Реферат:

Изобретение относится к области систем радиосвязи и предназначено для организации каналов двунаправленной связи с устройствами, находящимися внутри металлических экранов, и может быть применено, например, в медицине для обмена данными с имплантируемыми устройствами, заключенными в металлический корпус; в робототехнике для обмена данными с устройствами, полностью закрытыми в металлический корпус. Техническим результатом изобретения является обеспечение возможности двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран. Устройство для

двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран содержит два приемопередатчика и два резонатора, размещенных с двух сторон экрана. Первый резонатор подключен к первому приемопередатчику, а второй - ко второму. Резонаторы имеют коэффициент магнитной связи к больше критического. Центральная рабочая частота устройства совпадает с частотой второго максимума на амплитудно-частотной характеристике прямых потерь взаимодействующих резонаторов, измеренной без экрана. 5 ил.

RU 2 803 289 C1

RU 2 803 289 C1



Фиг. 1

RU 2803289 C1

RU 2803289 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H04B 5/02 (2023.02)

(21)(22) Application: **2022111151, 22.04.2022**

(24) Effective date for property rights:
22.04.2022

Registration date:
12.09.2023

Priority:

(22) Date of filing: **22.04.2022**

(45) Date of publication: **12.09.2023** Bull. № 26

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),
Lemberg Konstantin Vyacheslavovich (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 BIDIRECTIONAL SIGNAL TRANSMISSION OF COMMUNICATION SYSTEMS THROUGH A METAL SCREEN**

(57) Abstract:

FIELD: radio communication systems.

SUBSTANCE: invention is intended for organizing bidirectional communication channels with devices located inside metal screens and can be used, for example, in medicine for exchanging data with implantable devices enclosed in a metal case; in robotics for data exchange with devices completely enclosed in a metal case. The device for bidirectional signal transmission of communication systems through a metal screen comprises two transceivers and two resonators placed on both sides of the screen. The first resonator

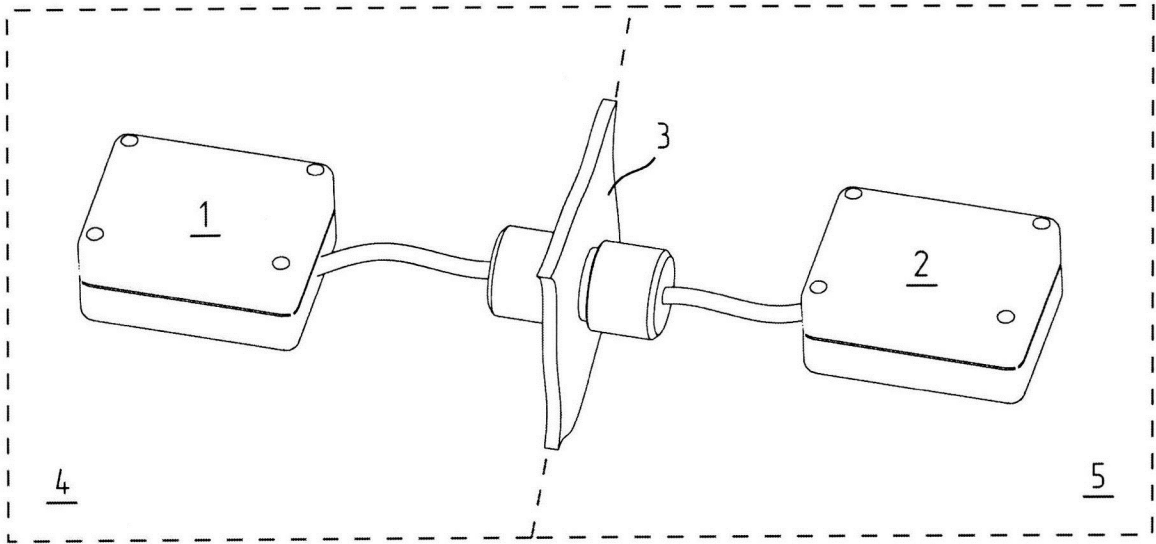
is connected to the first transceiver, and the second one to the second transceiver. The resonators have a magnetic coupling coefficient k greater than the critical one. The central operating frequency of the device coincides with the frequency of the second maximum on the amplitude-frequency characteristic of the direct losses of the interacting resonators as measured without a screen.

EFFECT: bidirectional signal transmission of communication systems through a metal screen.

1 cl, 5 dwg

RU 2 803 289 C1

RU 2 803 289 C1



Фиг. 1

RU 2803289 C1

RU 2803289 C1

Изобретение относится к области систем радиосвязи и предназначено для организации каналов двунаправленной связи с устройствами, находящимися внутри металлических экранов. Изобретение может быть применено, например, в медицине для обмена данными с имплантируемыми устройствами, заключенными в металлический корпус; в робототехнике - для обмена данными с устройствами, полностью закрытыми в металлический корпус.

Известно устройство для организации каналов двунаправленной передачи сигналов [Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс». - 2003. - 1104 с. (прототип)], содержащее два приемопередатчика. Недостатком известной конструкции (прототипа) является невозможность обмена данными между устройствами, в случае, когда одно устройство находится в полностью замкнутом металлическом экране или оба устройства находятся в разных полностью замкнутых металлических экранах с одной общей стенкой.

Техническим результатом заявленного решения является обеспечение возможности двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в устройстве для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран, содержащем два приемопередатчика, новым является то, что содержит экран, а с двух сторон экрана дополнительно размещены два СВЧ-резонатора, причем первый подключен к первому приемопередатчику, а второй - ко второму, при этом эти два СВЧ-резонатора имеют коэффициент магнитной связи k больше критического, а центральная рабочая частота устройства примерно совпадает с частотой второго максимума на амплитудно-частотной характеристике прямых потерь взаимодействующих СВЧ-резонаторов, измеренной без экрана.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием двух СВЧ-резонаторов, размещаемых с двух сторон металлического экрана. Каждый СВЧ-резонатор подключен к своему приемопередатчику. Существенно, что СВЧ-резонаторы расположены таким образом и имеют такие характеристики, что коэффициент их магнитной связи k больше критического, т.е. на амплитудно-частотной зависимости коэффициента передачи, измеренной без экрана, наблюдается два максимума передачи сигнала. При этом центральная рабочая частота систем связи примерно совпадает с частотой второго максимума.

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 изображено устройство для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран. На фиг. 2 показан разрез металлического экрана в области размещения СВЧ-резонаторов. На фиг. 3 показаны расчетные зависимости модуля коэффициента передачи системы для двух случаев: без металлического экрана между СВЧ-резонаторами и с экраном. На фиг. 4 показаны модуль коэффициента передачи и модуль коэффициента отражения на рабочих частотах системы. На фиг. 5 показаны зависимости толщины скин-слоя от частоты для различных материалов.

Устройство для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран содержит (фиг. 1) два приемопередатчика - (1) и (2), разделенных металлическим экраном (3). Возможны разные варианты исполнения конструкции. Например, металлический экран (3) может быть реализован в виде большого металлического листа, размеры которого в плоскости на порядки превышают рабочую длину волны систем связи. Возможен случай, когда один из приемопередатчиков, например, приемопередатчик (1) размещен в полностью замкнутом металлическом экране (4), а приемопередатчик (2) размещен снаружи этого экрана - в открытом пространстве. Также возможна ситуация, когда как приемопередатчик (1) находится в полностью замкнутом металлическом экране (4), так и приемопередатчик (2) находится в своем металлическом полностью замкнутом экране (5). В этом случае металлические экраны (4) и (5) должны иметь одну общую стенку. С двух сторон металлического экрана (3) размещены (фиг. 2), например, коаксиальные разъемы (6) и (7), подключенные к СВЧ-резонаторам (8) и (9). Важно отметить, что приемопередатчики (1) и (2) могут быть подключены (фиг. 1) как с помощью волноведущих структур к СВЧ-резонаторам (8 и 9 на фиг. 2), так и могут быть связаны через ближнее электромагнитное поле или посредством радиоволн - с использованием антенн. СВЧ-резонаторы (8) и (9) разделяет металлическая перегородка (10), являющаяся частью экрана (3). Толщина перегородки выбирается сравнимой с толщиной скин-слоя в выбранном материале для заданного диапазона частот. Таким образом, целостность металлического экрана (3) не нарушается, один из приемопередатчиков (1) или (2), или оба приемопередатчика (1) и (2) могут оставаться в полностью замкнутом металлическом экране. Конструкция СВЧ-резонаторов (8) и (9) может быть любой и выбирается исходя из рабочего диапазона частот, а также из конструктивных соображений. Например, на диапазон частот 2,45 ГГц СВЧ-резонаторы могут быть изготовлены в полосковом исполнении. При этом параметры СВЧ-резонаторов (8) и (9) и их расположение должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить величину их магнитной связи k больше критической, т.е. такой, когда на амплитудно-частотной характеристике прямых потерь, в отсутствие металлической перегородки (10), будут наблюдаться два максимума передачи энергии. Рабочий диапазон частот соответствует второму (высокочастотному) максимуму.

Устройство для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран работает следующим образом (фиг. 1). Сигнал от одного из приемопередатчиков (1) или (2) поступает (фиг. 2) на соответствующий СВЧ-резонатор - (8) или (9). Поскольку СВЧ-резонаторы (8) и (9) являются электромагнитно связанными колебательными системами, то происходит расщепление частот их связанных колебаний. На частоте низшей (первой) моды колебаний в металлической перегородке (10), разделяющей СВЧ-резонаторы (8) и (9), наводятся синфазные токи, что приводит к большому уровню потерь. Тогда как на частоте второй моды колебаний в металлической перегородке (10) наводятся противофазные токи, которые взаимно компенсируют друг друга - сигналы от приемопередатчиков (1) и (2) передаются друг другу практически без ослаблений.

Эффективность работы устройства для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран была оценена с использованием численного 3D-моделирования. Для этого была создана электродинамическая модель устройства на диапазон частот 2,45 ГГц, включающая закрытый цилиндрический экран с внутренним диаметром 4 мм и высотой 5 мм, в котором размещался первый СВЧ-резонатор. Вторым СВЧ-резонатор размещался в открытом виде на одной из плоских стенок первого экрана. Два одинаковых СВЧ-резонатора образованы медными полосковыми

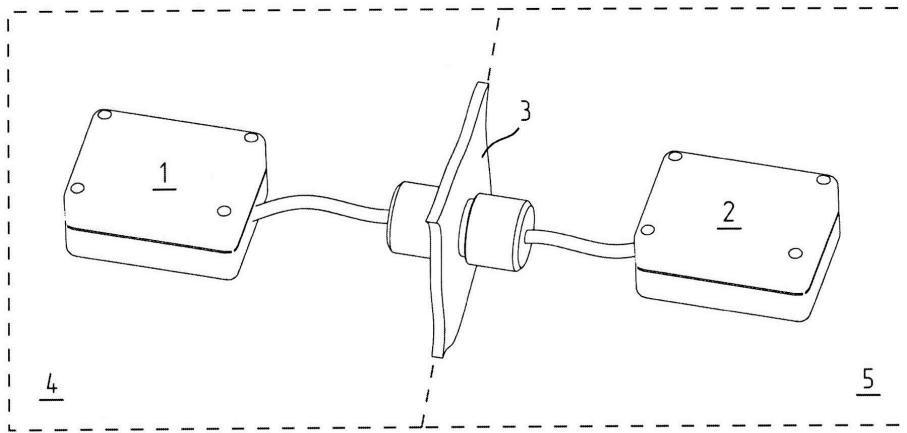
проводниками шириной 1,2 мм и длиной 3,7 мм. Один конец полосковых проводников замкнут на землю, а второй нагружен на емкость величиной 2,2 пФ. Расстояние между внутренними поверхностями полосковых проводников двух СВЧ-резонаторов - 0,3 мм, при этом толщина экрана - 200 мкм, а проводимость - 166 См/м. Важно отметить, что в качестве материала экрана может быть выбрана медь, в этом случае толщина экрана за счет уменьшения глубины скин-слоя должна составить примерно 0,3 мкм. На фиг. 3 и фиг. 4 показаны результаты моделирования. Кривая (11) показывает модуль коэффициента S_{21} . Видно, что на частотах выше полосы пропускания наблюдается значительное затухание сигнала вплоть до верхней частоты моделирования - 100 ГГц. На практике ожидается подавление высокочастотных сигналов вплоть до оптических частот. Кривая (12) показывает модуль коэффициента S_{21} для случая, когда между СВЧ-резонаторами отсутствует экран. Хорошо видно, что такая система не подавляет сигналы на частотах, выше полосы пропускания. Кривые (13) и (14) на фиг. 4 показывают модули S_{21} и S_{11} в области частот полосы пропускания устройства. Потери в полосе пропускания составляют менее 3 дБ.

Устройство для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран удовлетворяет заявленному техническому результату, а именно позволяет обеспечить возможность двунаправленного обмена данными между устройствами, находящимися в металлических экранах. Кроме этого, устройство дополнительно осуществляет подавление высоких частот - вплоть до оптического диапазона. Устройство может быть использовано для организации каналов передачи цифровой информации с имплантируемыми медицинскими устройствами, с роботизированными платформами, работающими внутри замкнутых металлических конструкций и т.д. Область применимости изобретения ограничена толщиной скин-слоя в материале экрана для рабочего диапазона частот. Для информации на фиг. 5 показаны зависимости толщины скин-слоя от частоты для меди (15), никрома (16) и для материала (17) с проводимостью 166 См/м, использованного при моделировании устройства. Как видно, например, для медного экрана с толщиной стенки 1 мм рабочая частота должна быть не выше 5 кГц, тогда как при толщине медной стенки 1 мкм возможна передача сигналов уже на частотах до 1 ГГц. В случае экранирования с использованием материалов с низкой проводимостью, допустимая толщина возрастает. Например, для экрана из никрома с толщиной стенки 1 мм возможна работа на частотах до 250 кГц, а при толщине стенки 10 мкм - выше 2 ГГц. Необходимо отметить, что заданная толщина стенки может быть реализована только в области размещения резонаторов устройства.

(57) Формула изобретения

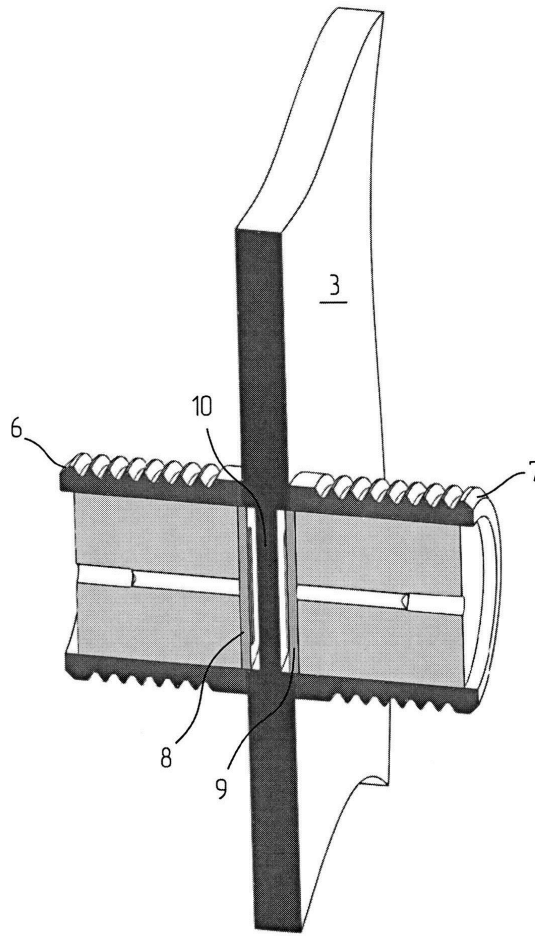
Устройство для двунаправленной передачи сигналов систем связи через металлический экран, содержащее два приемопередатчика, отличающееся тем, что с двух сторон экрана дополнительно размещены два резонатора, причем первый подключен к первому приемопередатчику, а второй - ко второму, при этом эти два резонатора имеют коэффициент магнитной связи k больше критического, а центральная рабочая частота устройства совпадает с частотой второго максимума на амплитудно-частотной характеристике прямых потерь взаимодействующих резонаторов, измеренной без экрана.

1

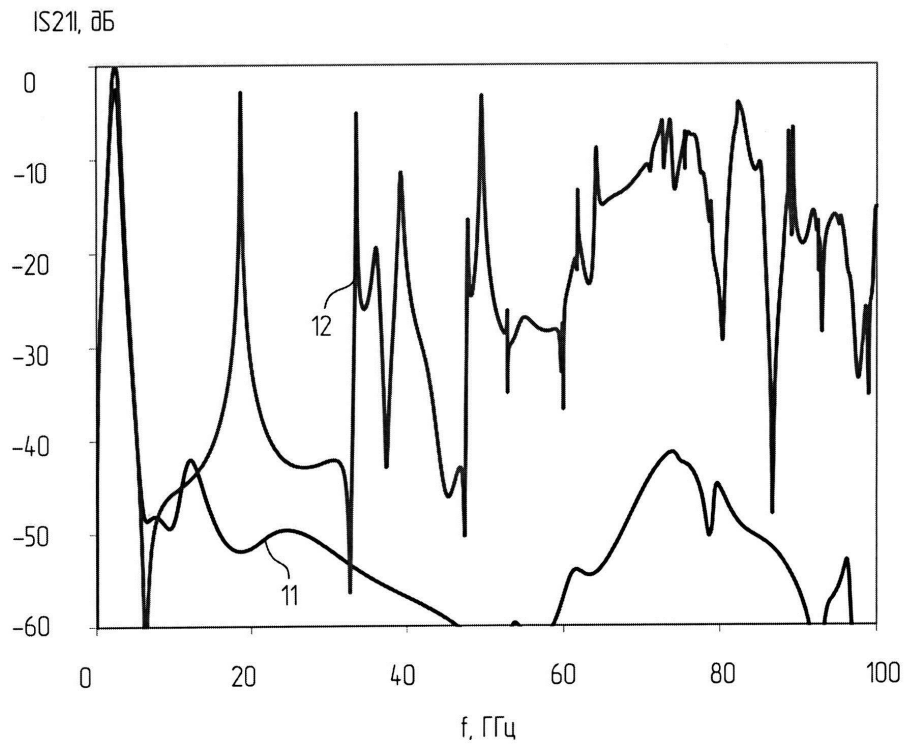


Фиг. 1

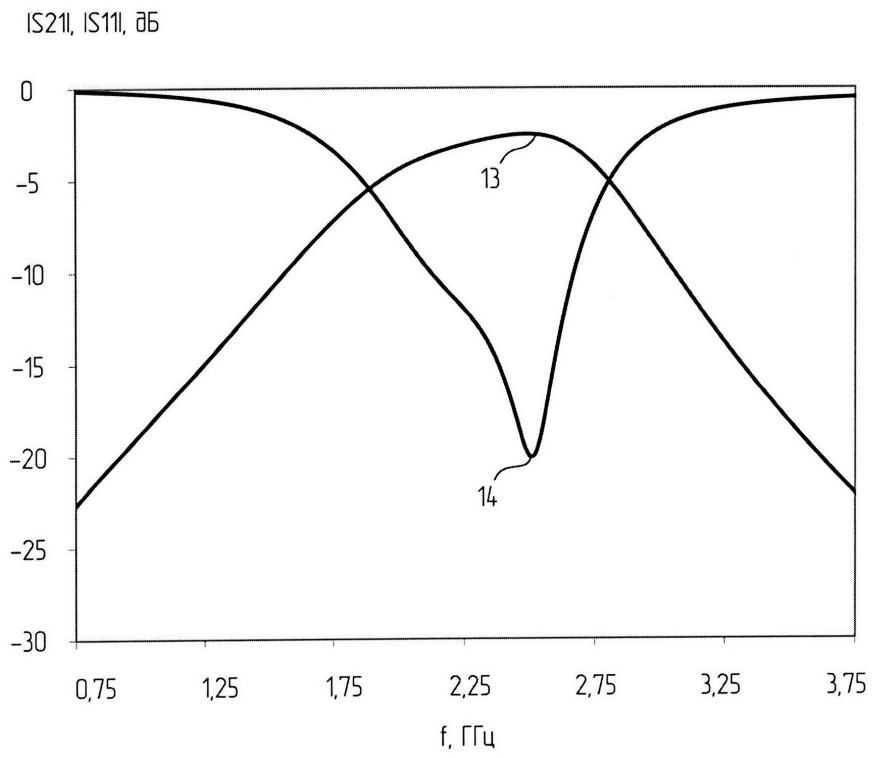
2



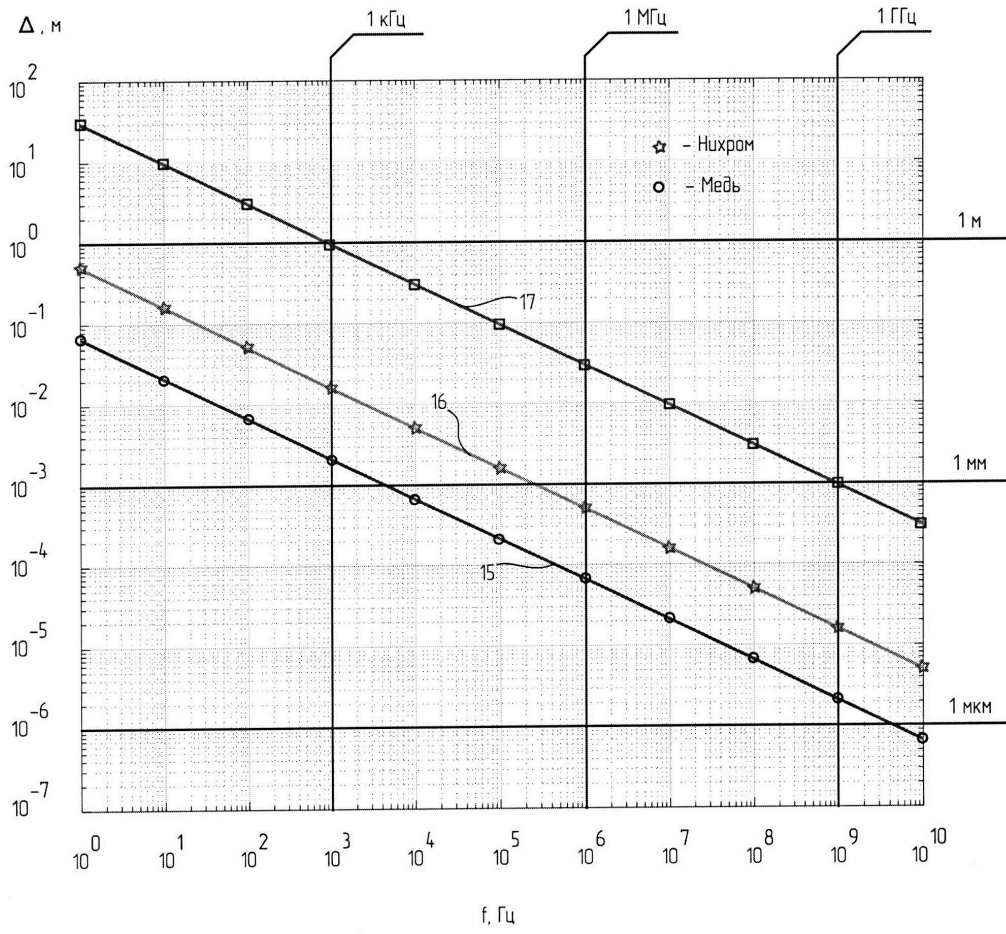
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5