(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 040049 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.13

(21) Номер заявки
201891815

(22) Дата подачи заявки
2017.02.09

(51) Int. Cl. ***G01N 33/28*** (2006.01)
G01N 22/04 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВА ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ

(31) **1602443.2**
(32) **2016.02.11**
(33) **GB**
(43) **2019.01.31**
(86) **PCT/GB2017/050328**
(87) **WO 2017/137752 2017.08.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
Эм-ФЛОУ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:
Паркер Алан Дэвид, Эдвард Джайлз, Уолл-Кларк Алекс, Тремоле Арно (GB)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A-4651085
US-A1-2013033272
WO-A1-0216931
SU-A1-1719973

(57) Устройство (2) для измерения состава текучей среды содержит трубопровод (4) для текучей среды, имеющий стенку (6), которая образует проточный путь (8) текучей среды, передающую антенну (10), приемную антенну (12) и электропроводящий волноводный элемент (20), содержащий канавку (30), которая образует волноводный канал (22) для направления электромагнитного поля от передающей антенны (10) к приемной антенне (12). Электропроводящий волноводный элемент (20) отделен от проточного пути (8) текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области (24) стенки (6). Проем (32) канавки (30) расположен в направлении проточного пути (8) текучей среды, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться в проточный путь (8) текучей среды. Устройство можно применять для измерения состава текучей среды, в частности, но не исключительно, для измерения доли воды в жидком содержимом двух- или трехфазной текучей среды, добываемой из нефтяной или газовой скважины.

040049 B1

040049 B1

Устройство и способ для измерения состава текучей среды

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству и способу для измерения состава текучей среды и, в частности, хотя и не исключительно, для измерения доли воды в жидком содержимом двух- или трехфазной текучей среды, добываемой из нефтяной или газовой скважины.

Уровень техники

В некоторых областях техники может требоваться выполнение измерения состава текучей среды, протекающей по трубопроводу для текучей среды. Например, в нефтегазодобывающей промышленности может требоваться измерение состава двух- или трехфазной текучей среды, добываемой из нефтяной или газовой скважины. В частности, может требоваться точное измерение объемной доли воды в жидкой фазе, известной также как обводненность, двух- или трехфазной текучей среды, добываемой из нефтяной или газовой скважины.

Известно, что применяют измеритель, который содержит полость, резонирующую на радиочастотах, чтобы определять состав текучей среды и, в частности, чтобы определять обводненность двух- или трехфазной текучей среды по измерениям одного или более свойств одной или более мод электромагнитного резонанса полости. Однако данные резонансные электромагнитные измерения могут осложняться или становиться менее точными при более высоких значениях обводненности в диапазоне 50-100% вследствие поглощения электромагнитной энергии на радиочастотах в воде и, в частности, в соленой воде. Это особенно относится к многофазным потокам текучих сред с непрерывной водной фазой, в которых обводненность является достаточно высокой, так что жидкую часть потока текучей среды можно рассматривать как воду, содержащую включенные области жидкости, отличающейся от воды, например включенные области нефти.

Сущность изобретения

Следует понимать, что один или более признаков из любого одного или более из следующих аспектов или вариантов осуществления можно применять сам по себе или в любом сочетании с любым из других признаков или вариантов осуществления.

В соответствии с первым аспектом или первым вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается устройство для измерения состава текучей среды, содержащее:

трубопровод для текучей среды, имеющий стенку, которая образует проточный путь текучей среды;

передающую антенну;

приемную антенну; и

электропроводящий волноводный элемент, выполненный с возможностью электромагнитной связи с передающей антенной и приемной антенной и с возможностью направления электромагнитного поля от передающей антенны к приемной антенне по волноводному каналу,

при этом волноводный элемент отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области стенки, и волноводный элемент образует проем, который расположен в направлении проточного пути текучей среды, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться через проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

При использовании входной электрический сигнал может подаваться в передающую антенну и выходной электрический сигнал может измеряться в приемной антенне. Электромагнитные потери могут вычисляться по входному электрическому сигналу и выходному электрическому сигналу. Состав текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути, может вычисляться по электромагнитным потерям и известной зависимости между составом текучей среды и электромагнитными потерями. Такое устройство может обеспечивать защиту волноводного элемента от любых текучих сред, присутствующих в и/или протекающих по проточному пути текучей среды, допуская по-прежнему взаимодействие направляемого электромагнитного поля с любыми текучими средами, присутствующими в и/или протекающими по проточному пути текучей среды.

Волноводный элемент может быть электрически изолированным от передающей антенны и приемной антенны.

Волноводный элемент может образовать паз или канавку, расположенный(ую) в направлении проточного пути текучей среды, при этом паз или канавка образует проем.

Проем может продолжаться вдоль всего волноводного канала.

Проем может продолжаться вдоль части волноводного канала.

Волноводный элемент может иметь, в общем, постоянное поперечное сечение.

Волноводный элемент может иметь, в общем, U-образное поперечное сечение.

Волноводный элемент может иметь, в общем, прямоугольное или, в общем, квадратное поперечное сечение.

Волноводный элемент может иметь, в общем, круглое поперечное сечение.

Паз или канавка может иметь, в общем, прямоугольное или, в общем, квадратное поперечное сечение.

Паз или канавка может иметь, в общем, круглое поперечное сечение.

По меньшей мере, что-то одно из конфигурации волноводного элемента, толщины внутренней об-

ласти стенки, материала внутренней области стенки и частоты электромагнитного поля можно выбрать так, чтобы предоставлять электромагнитному полю возможность распространяться через проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

Волноводный канал может продолжаться вдоль и/или вокруг проточного пути текучей среды.

Волноводный канал может продолжаться по прямой или может содержать секцию, которая продолжается по прямой.

Волноводный канал может продолжаться по дуге окружности или может содержать секцию, которая продолжается по дуге окружности.

Волноводный канал может быть кольцевым или может содержать секцию, которая является кольцевой.

Волноводный канал может окружать или охватывать по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз или может содержать секцию, которая окружает или охватывает по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз.

Такой волноводный канал может усиливать взаимодействие между направляемым электромагнитным полем и любой текучей средой, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды, что повышает чувствительность измерения состава текучей среды.

Волноводный канал может быть спиралевидным или, в общем, спиралевидным или может содержать секцию, которая является спиралевидной или, в общем, спиралевидной.

Волноводный канал может продолжаться параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды.

Волноводный канал может продолжаться по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды.

Волноводный канал может окружать или охватывать по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз или может содержать секцию, которая окружает или охватывает по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз. Такой волноводный канал может усиливать взаимодействие между направляемым электромагнитным полем и любой текучей средой, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды, что повышает чувствительность измерения состава текучей среды.

Волноводный канал может продолжаться спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды.

Внутренняя область стенки может изолировать волноводный элемент от проточного пути текучей среды.

Стенка может образовать непрерывную внутреннюю поверхность, которая образует проточный путь текучей среды.

Передающая антенна может быть, по меньшей мере, частично размещена и/или встроена внутри стенки.

Приемная антенна может быть, по меньшей мере, частично размещена и/или встроена внутри стенки.

Волноводный элемент может быть, по меньшей мере, частично размещен и/или встроен внутри стенки.

Волноводный элемент может образовать часть стенки.

Волноводный элемент может содержать металл.

Волноводный элемент может содержать, по меньшей мере, что-то одно из меди, никеля, олова, алюминия, цинка, железа, серебра и золота.

Волноводный элемент может содержать электропроводящий слой или покрытие.

Волноводный элемент может содержать слой электропроводящей краски.

Волноводный элемент может содержать слой угольного графита.

Волноводный элемент может содержать слой электропроводящего напыляемого материала, например электропроводящего напыляемого полимера.

Волноводный элемент может содержать слой напыляемого полимера углерода.

Внутренняя область стенки между волноводным элементом и проточным путем текучей среды может содержать диэлектрический материал.

Внутренняя область стенки между волноводным элементом и проточным путем текучей среды может содержать электроизоляционный материал.

Внутренняя область стенки между волноводным элементом и проточным путем текучей среды может содержать один или более электроизоляционных армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Один или более электроизоляционных армирующих элементов внутренней области стенки могут

содержать одно или более полимерных волокон, арамидных волокон, неполимерных волокон, базальтовых волокон, стекловолокон и/или алюмоборосиликатных стекловолокон.

Волноводный элемент может содержать электропроводящий композиционный материал, содержащий электроизоляционный материал и один или более электропроводящих армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Электроизоляционный материал волноводного элемента может содержать такой же электроизоляционный материал, как внутренняя область стенки между волноводным элементом и проточным путем текучей среды.

Электроизоляционный материал волноводного элемента может быть сплошным с электроизоляционным материалом внутренней области стенки между волноводным элементом и проточным путем текучей среды.

Один или более электропроводящих армирующих элементов волноводного элемента могут содержать одно или более углеродных волокон.

Один или более электропроводящих армирующих элементов волноводного элемент могут иметь одинаковую ориентацию относительно волноводного канала. Например, один или более электропроводящих армирующих элементов могут располагаться, в общем, параллельно волноводному каналу.

Стенка может содержать внешнюю область.

Внешняя область стенки может быть расположена снаружи волноводного элемента.

Внешняя область стенки может быть электропроводящей.

Внешняя область стенки может образовать, по меньшей мере, часть волноводного элемента.

Внешняя область стенки может быть электроизоляционной.

Внешняя область стенки может содержать электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Электроизоляционный материал внешней области стенки может содержать такой же электроизоляционный материал, как волноводный элемент.

Электроизоляционный материал внешней области стенки может быть сплошным с электроизоляционным материалом волноводного элемента.

Один или более армирующих элементов внешней области стенки могут быть электроизоляционными.

Один или более армирующих элементов внешней области стенки могут содержать одно или более из полимерных волокон, арамидных волокон, неполимерных волокон, базальтовых волокон, стекловолокон и/или алюмоборосиликатных стекловолокон.

Один или более армирующих элементов внешней области стенки могут быть электропроводящими.

Один или более армирующих элементов внешней области стенки может содержать одно или более углеродных волокон.

Трубопровод для текучей среды может содержать базовый элемент.

Базовый элемент может содержать тот же электроизоляционный материал электроизоляционной внутренней области стенки.

Базовый элемент может образовать электроизоляционную внутреннюю область стенки.

Базовый элемент может быть, в общем, трубчатым.

Базовый элемент может содержать втулку.

Волноводный элемент может быть расположен снаружи базового элемента.

Передающая антенна может быть расположена снаружи базового элемента.

Приемная антенна может быть расположена снаружи базового элемента.

Волноводный канал может продолжаться вдоль и/или вокруг базового элемента.

Волноводный канал может окружать или охватывать по окружности базовый элемент один или несколько раз.

Волноводный канал может продолжаться спиралевидно или, в общем, спиралевидно вокруг базового элемента.

Волноводный элемент может образовать канал или канавку, имеющий(ую) проем, который расположен в направлении базового элемента.

Трубопровод для текучей среды может содержать электроизоляционный элемент заполнения волновода.

Элемент заполнения волновода может продолжаться от внешней поверхности базового элемента в канал или канавку, образованный(ую) волноводным элементом.

Элемент заполнения волновода может продолжаться от внешней поверхности базового элемента до внутренней поверхности канала или канавки, образованного(ой) волноводным элементом.

Элемент заполнения волновода может заполнять канал или канавку, образованный(ую) волноводным элементом.

Элемент заполнения волновода может быть сформирован in situ на, поверх и/или вокруг базового элемента.

Элемент заполнения волновода может быть сформирован отдельно от базового элемента и затем

посажен на, поверх и/или вокруг базового элемента.

Элемент заполнения волновода может быть приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к базовому элементу.

Элемент заполнения волновода может содержать такой же электроизоляционный материал, как базовый элемент.

Электроизоляционный материал элемента заполнения волновода может быть сплошным с электроизоляционным материалом базового элемента.

Элемент заполнения волновода и базовый элемент могут составлять одно целое.

Передающая антенна может продолжаться внутрь и/или может быть, по меньшей мере, частично встроенной внутри элемента заполнения волновода.

Приемная антенна продолжаться внутрь и/или может быть, по меньшей мере, частично встроенной внутрь элемента заполнения волновода.

Трубопровод для текучей среды может содержать множество электроизоляционных элементов заполнения волновода.

Каждый элемент заполнения волновода может продолжаться от внешней поверхности базового элемента в канал или канавку, образованный(ую) волноводным элементом.

Волноводный элемент может быть сформирован in situ на, поверх и/или вокруг элемента заполнения волновода.

Волноводный элемент может быть сформирован отдельно от элемента заполнения волновода и затем может быть посажен на, поверх и/или вокруг элемента заполнения волновода.

Волноводный элемент может быть приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к элементу заполнения волновода.

Волноводный элемент и элемент заполнения волновода могут составлять одно целое.

Элемент заполнения волновода может содержать такой же электроизоляционный материал, как волноводный элемент.

Электроизоляционный материал элемента заполнения волновода может быть сплошным с электроизоляционным материалом волноводного элемента.

Трубопровод для текучей среды может содержать внешний элемент.

Внешний элемент может содержать такой же материал, как внешняя область стенки.

Внешний элемент может образовать внешнюю область стенки.

Внешний элемент может быть сформирован in situ на, поверх и/или вокруг волноводного элемента.

Внешний элемент может быть сформирован отдельно от волноводного элемента и затем может быть посажен на, поверх и/или вокруг волноводного элемента.

Внешний элемент может быть приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к волноводному элементу.

Внешний элемент может содержать электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Электроизоляционный материал внешнего элемента может содержать такой же электроизоляционный материал, как волноводный элемент.

Электроизоляционный материал внешнего элемента может быть сплошным с электроизоляционным материалом волноводного элемента.

Внешний элемент и волноводный элемент могут составлять одно целое.

Один или более армирующих элементов внешнего элемента могут быть электропроводящими.

Один или более армирующих элементов внешнего элемента могут содержать одно или более углеродных волокон.

Трубопровод для текучей среды может быть выполнен с возможностью выдерживания одного или более условий эксплуатации, связанных с текучей средой в нефтяной или газовой скважине.

Трубопровод для текучей среды может быть выполнен с возможностью выдерживания давления внутри проточного пути текучей среды до 15,000 фунт/кв. дюйм (103.4 МПа), до 10,000 фунт/кв. дюйм (68.9 МПа) или до 5,000 фунт/кв. дюйм (34.5 МПа).

Трубопровод для текучей среды может быть выполнен с возможностью выдерживания температуры внутри проточного пути текучей среды до 200°C, до 150°C или до 100°C.

Устройство может содержать генератор электрических сигналов, электрически соединенный с передающей антенной.

Устройство может содержать детектор электрических сигналов, электрически соединенный с приемной антенной.

Устройство может содержать контроллер.

Контроллер может быть выполнен с возможностью измерения входного электрического сигнала, подаваемого генератором электрических сигналов в передающую антенну.

Контроллер может быть выполнен с возможностью измерения выходного электрического сигнала, принимаемого детектором электрических сигналов из приемной антенны.

Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления электромагнитных потерь по изме-

ренному входному электрическому сигналу и измеренному выходному электрическому сигналу.

Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между составом текучей среды и электромагнитными потерями.

Устройство может содержать температурный датчик для измерения температуры текучей среды. Например, трубопровод для текучей среды может содержать температурный датчик для измерения температуры текучей среды и/или температуры стенки рядом с проточным путем текучей среды. Температурный датчик может быть, по меньшей мере, частично размещен и/или встроен внутри стенки.

Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, измеренной температуре и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитным потерям и температурой.

Устройство может содержать датчик для измерения минерализации текучей среды. Например, трубопровод для текучей среды может содержать датчик для измерения минерализации текучей среды. Датчик для измерения минерализации текучей среды может быть, по меньшей мере, частично размещен и/или встроен внутри стенки.

Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и измеренной минерализации, и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитным потерям и минерализации.

Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, измеренной температуре и измеренной минерализации и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитным потерям, температурой и минерализацией.

Устройство может содержать:

множество передающих антенн;

множество приемных антенн; и

множество электропроводящих волноводных элементов.

Каждый волноводный элемент может быть выполнен с возможностью электромагнитной связи с соответствующей одной из передающих антенн и соответствующей одной из приемных антенн и с возможностью направления соответствующего электромагнитного поля от соответствующей передающей антенны к соответствующей приемной антенне по соответствующему волноводному каналу.

Каждый волноводный элемент может быть отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области стенки.

Каждый волноводный элемент может образовать соответствующий проем, который расположен в направлении проточного пути текучей среды, чтобы предоставлять части соответствующего электромагнитного поля возможность распространяться через соответствующий проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

Применяется множество электропроводящих волноводных элементов, при том, что каждый электропроводящий волноводный элемент выполнен с возможностью направления соответствующего электромагнитного поля по отличающемуся волноводному каналу к каждому из других электропроводящих волноводных элементов, чтобы допускать определение множества значений электромагнитных потерь, причем каждое значение потерь соответствует отличающемуся волноводному каналу. Это может допускать вычисление разных составов текучей среды для разных областей проточного пути по значениям электромагнитных потерь, при этом каждая область проточного пути примыкает к соответствующему одному из волноводных каналов. Это может также допускать вычислять средний состав текучей среды по вычисленным составам текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться вдоль и/или вокруг проточного пути текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться по прямой или может содержать секцию, которая продолжается по прямой.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться по дуге окружности или может содержать секцию, которая продолжается по дуге окружности.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может быть кольцевым или может содержать секцию, которая является кольцевой.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может окружать или охватывать по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз или может содержать секцию, которая окружает или охватывает по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз. Такой волноводный канал может усиливать взаимодействие между направляемым электромагнитным полем и любой текучей средой, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды, что повышает чувствительность измерения состава текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может быть спиралевидным или, в общем, спиралевидным или может содержать секцию, которая является спиралевидной или, в общем, спиралевидной.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться параллельно продольной оси

трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды.

Первый из волноводных каналов может продолжаться параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды вдоль первой стороны трубопровода для текучей среды, и второй из волноводных каналов может продолжаться параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды вдоль второй стороны трубопровода для текучей среды, которая противоположна, например диаметрально противоположна, первой стороне трубопровода для текучей среды. При использовании, данное устройство может обеспечивать показание расслоения потока через проточный путь текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды в первом аксиальном положении трубопровода для текучей среды, и второй из волноводных каналов может продолжаться по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды во втором аксиальном положении трубопровода для текучей среды, при этом первое и второе аксиальные положения разделены по оси. При использовании, данное устройство может обеспечивать показание аксиальных изменений в составе текучей среды и/или потока в текучей среде, протекающей по проточному пути текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может окружать или охватывать по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз или может содержать секцию, которая окружает или охватывает по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз. Данный волноводный канал может усиливать взаимодействие между направляемым электромагнитным полем и любой текучей средой, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды, что повышает чувствительность измерения состава текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или может содержать секцию, которая продолжается спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды.

По меньшей мере, один из волноводных каналов может продолжаться спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды, и второй из волноводных каналов может продолжаться спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды, при этом первый и второй волноводные каналы, в общем, параллельны друг другу, но разнесены аксиально.

Электромагнитное поле может иметь радиочастоту (РЧ), например, электромагнитная энергия может иметь частоту в диапазоне 1-10 ГГц, 2,5-7,5 ГГц, 4-6 ГГц или частоту приблизительно 5 ГГц.

По меньшей мере, что-то одно из внутренней области стенки, волноводного элемента, элемента заполнения волновода, внешней области стенки и внешнего элемента может содержать, по меньшей мере, какой-то один из полимерного материала, термопластичного материала, термореактивного материала, полиарилэфиркетона, полиарилкетона, полиэфиркетона (PEK), полиэфирэфиркетона (PEEK), поликарбоната, поливинилхлорида (PVC), полиамида, полиамида-11 (PA11), поливинилиденфторида, поливинилидендифторида (PVDF), полифениленсульфида (PPS), полиэтилениминов (PEI), полиоксиметилена (POM), ацеталя, смолы, отверждающейся смолы, полимерной смолы и эпоксидной смолы.

В соответствии со вторым аспектом или вторым вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается способ измерения состава текучей среды, при этом способ содержит следующие этапы:

подают текучую среду в проточный путь текучей среды, образованный стенкой трубопровода для текучей среды;

обеспечивают электромагнитную связь передающей антенны и приемной антенны с электропроводящим волноводным элементом;

направляют электромагнитное поле от передающей антенны к приемной антенне по волноводному каналу, образованному волноводным элементом,

при этом волноводный элемент отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области стенки, и волноводный элемент образует проем, который расположен в направлении проточного пути текучей среды, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться через проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

Способ может содержать следующие этапы:

подают входной электрический сигнал в передающую антенну; и

измеряют выходной электрический сигнал в приемной антенне.

Способ может содержать этап вычисления состава текучей среды по входному и выходному электрическим сигналам.

Способ может содержать этап вычисления электромагнитных потерь по входному электрическому сигналу и измеренному выходному электрическому сигналу.

Способ может содержать этап вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнит-

ным потерям и известной зависимости между составом текучей среды и электромагнитными потерями.

Способ может содержать этап вычисления относительных долей разных жидких компонентов текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между относительными долями разных жидких компонентов и электромагнитными потерями.

Способ может содержать этап вычисления объемной доли воды в жидкой фазе текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между объемной долей воды в жидкой фазе текучей среды и электромагнитными потерями.

Способ может содержать этап измерения температуры текучей среды и/или температуры стенки рядом с проточным путем текучей среды.

Способ может содержать этап вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, измеренной температуре и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитными потерями и температурой.

Способ может содержать этап измерения минерализации текучей среды.

Способ может содержать этап вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, измеренной минерализации и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитными потерями и минерализацией.

Способ может содержать этап измерения минерализации текучей среды, температуры текучей среды и/или температуры стенки рядом с проточным путем текучей среды.

Способ может содержать этап вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, измеренной температуре и измеренной минерализации, и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитными потерями, температурой и минерализацией.

Входной и выходной электрические сигналы могут быть радиочастотными (РЧ) электрическими сигналами.

Входной и выходной электрические сигналы могут иметь частоту в диапазоне 1-10 ГГц, 2,5-7,5 ГГц, 4-6 ГГц или частоту приблизительно 5 ГГц.

Текучая среда может быть двухфазной текучей средой или трехфазной текучей средой.

Текучая среда может содержать воду.

Текучая среда может содержать нефть и/или газ.

Текучая среда может содержать смесь жидкостей, в которых доля воды находится в диапазоне 50-100%.

Способ может содержать этап ориентирования трубопровода для текучей среды по вертикали или почти по вертикали. Ориентирование трубопровода для текучей среды по вертикали или почти по вертикали может повысить степень смешения разных текучих сред, присутствующих в или протекающих по проточному пути текучей среды. Дополнительно или в качестве альтернативы, ориентирование трубопровода для текучей среды по вертикали или почти по вертикали может приводить к образованию жидких фаз трехфазной текучей среды на или ближе к стенке трубопровода для текучей среды.

Способ может содержать этап ориентирования трубопровода для текучей среды по горизонтали.

Способ может содержать этап наклонного расположения трубопровода для текучей среды между вертикальной и горизонтальной ориентациями.

Способ может содержать этап смешения текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды.

В соответствии с третьим аспектом или третьим вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается способ изготовления устройства для измерения состава текучей среды, при этом способ содержит следующие этапы:

обеспечивают трубопровод для текучей среды, имеющий стенку, которая образует проточный путь текучей среды;

обеспечивают передающую антенну;

обеспечивают приемную антенну; и

обеспечивают электропроводящий волноводный элемент, который выполнен с возможностью электромагнитной связи с передающей антенной и приемной антенной и с возможностью направления электромагнитного поля от передающей антенны к приемной антенне по волноводному каналу, и

при этом волноводный элемент отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области стенки, и волноводный элемент образует проем, который расположен в направлении проточного пути текучей среды, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться через проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

Способ может содержать этап выбора, по меньшей мере, чего-то одного из конфигурации волноводного элемента, толщины внутренней области стенки, материала внутренней области стенки и частоты электромагнитного поля, чтобы предоставлять электромагнитному полю возможность распространяться через проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

Способ может содержать этап, по меньшей мере, частичного размещения и/или встраивания передающей антенны внутри стенки.

Способ может содержать этап, по меньшей мере, частичного размещения и/или встраивания прием-

ной антенны внутри стенки.

Электропроводящий волноводный элемент может образовать часть стенки.

Электропроводящий волноводный элемент может быть, по меньшей мере, частично размещают и/или встраивают внутри стенки.

Способ может содержать этап обеспечения электроизоляционного базового элемента, который образует проточный путь текучей среды.

Базовый элемент может содержать электроизоляционный материал.

Базовый элемент может содержать электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Один или более армирующих элементов могут быть электроизоляционными.

Один или более армирующих элементов могут содержать, по меньшей мере, одно или более из полимерных волокон, арамидных волокон, неполимерных волокон, базальтовых волокон, стекловолокон и/или алюмоборосиликатных стекловолокон.

Способ может содержать этап формирования электропроводящего промежуточного слоя in situ на, поверх и/или вокруг базового элемента.

Способ может содержать этап формирования углубления в электропроводящем промежуточном слое, чтобы образовать волноводный канал. Способ может содержать этап формирования углубления в электропроводящем промежуточном слое на глубину, которая равна или, по существу, равна толщине электропроводящего промежуточного слоя, или на глубину, которая больше толщины электропроводящего промежуточного слоя.

Способ может содержать этап размещения электроизоляционного элемента заполнения волновода в углублении.

Размещение электроизоляционного элемента заполнения волновода в углублении может содержать обеспечение электроизоляционного материала-заполнителя волновода в углублении. Например, размещение электроизоляционного элемента заполнения волновода в углублении может содержать внесение расплавленного или жидкого электроизоляционного материала-заполнителя волновода в углубление, после чего расплавленный или жидкий электроизоляционный материал-заполнитель волновода затвердевает или отверждается для формирования электроизоляционного элемента заполнения волновода.

Способ может содержать формирование электропроводящего внешнего слоя in situ на, поверх и/или вокруг электроизоляционного элемента заполнения волновода и электропроводящего промежуточного слоя, чтобы электропроводящий промежуточный слой и электропроводящий внешний слой совместно образовали волноводный элемент.

Электропроводящий промежуточный слой может содержать электропроводящий материал.

Электропроводящий промежуточный слой может содержать электроизоляционный материал и один или более электропроводящих армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Один или более армирующих элементов электропроводящего промежуточного слоя могут содержать одно или более углеродных волокон.

Электропроводящий внешний слой может содержать электропроводящий материал.

Электропроводящий внешний слой может содержать электроизоляционный материал и один или более электропроводящих армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

Электроизоляционный материал электропроводящего внешнего слоя может содержать такой же электроизоляционный материал, как электропроводящий промежуточный слой.

Электроизоляционный материал электропроводящего внешнего слоя может быть сплошным с электроизоляционным материалом электропроводящего промежуточного слоя.

Один или более армирующих элементов электропроводящего внешнего слоя могут содержать одно или более углеродных волокон.

Способ может содержать следующие этапы:

образуют углубление во внешней поверхности базового элемента; и

размещают, по меньшей мере, часть электропроводящего волноводного элемента в углублении.

Размещение, по меньшей мере, части электропроводящего волноводного элемента в углублении может содержать обеспечение электропроводящего материала в углублении. Например, размещение, по меньшей мере, части электропроводящего волноводного элемента в углублении может содержать внесение расплавленного или жидкого электропроводящего материала в углубление, после чего расплавленный или жидкий электропроводящий материал затвердевает или отверждается для формирования, по меньшей мере, части электропроводящего волноводного элемента. Электропроводящий материал может содержать металл.

Электропроводящий материал может содержать, по меньшей мере, что-то одно из меди, никеля, олова, алюминия, цинка, железа, серебра и золота.

Способ может содержать формирование внешнего слоя in situ на, поверх и/или вокруг базового элемента и волноводного элемента.

Внешний слой может содержать электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри связующего материала.

Электроизоляционный материал внешнего слоя может содержать такой же электроизоляционный материал, как базовый элемент.

Электроизоляционный материал внешнего слоя и электроизоляционный материал базового элемента могут быть сплошными.

Один или более армирующих элементов внешнего слоя могут быть электропроводящими.

Один или более армирующих элементов внешнего слоя могут содержать одно или более углеродных волокон.

Способ может содержать формирование одного или более дополнительных углублений в электропроводящем промежуточном слое, при этом дополнительные углубления выполняют с возможностью вмещения, по меньшей мере, одного из температурного датчика и датчика минерализации. Способ может содержать формирование одного или более дополнительных углублений в электропроводящем промежуточном слое на достаточную глубину для того, чтобы обнажить внешнюю поверхность базового элемента и/или чтобы продолжиться частично в базовый элемент.

Способ может содержать размещение, по меньшей мере, одного из температурного датчика и датчика минерализации в одном или более дополнительных углублений.

Способ может содержать формирование электропроводящего внешнего слоя на, поверх и/или вокруг, по меньшей мере, одного из температурного датчика и датчика минерализации для того, чтобы, по меньшей мере, частично разместить и/или встроить, по меньшей мере, один из температурного датчика и датчика минерализации внутри стенки.

По меньшей мере, что-то одно из внутренней области стенки, волноводного элемента, элемента заполнения волновода, внешней области стенки и внешнего элемента может содержать, по меньшей мере, какой-то один из полимерного материала, термопластичного материала, термореактивного материала, полиарилэфиркетона, полиарилкетона, полиэфиркетона (PEK), полиэфирэфиркетона (PEEK), поликарбоната, поливинилхлорида (PVC), полиамида, полиамида-11 (PA11), поливинилиденфторида, поливинилидендифторида (PVDF), полифениленсульфида (PPS), полиэтилениминов (PEI), полиоксиметилена (POM), ацеталя, смолы, отверждающейся смолы, полимерной смолы и эпоксидной смолы.

Краткое описание чертежей

Устройство и способ для измерения состава текучей среды описаны в дальнейшем на всего лишь неограничивающем примере со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1(a) - схематическое продольное сечение первого устройства для измерения состава текучей среды;

фиг. 1 (b) - схематическое поперечное сечение по линии A-A первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2 (a) - изображение первого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2(b) - изображение второго этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2(c) - изображение третьего этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2(d) - изображение четвертого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2(e) - изображение пятого этапа способа изготовления первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 2(f) - изображение шестого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды первого устройства, показанного на фиг. 1(a);

фиг. 3(a) - схематическое продольное сечение трубопровода для текучей среды второго устройства для измерения состава текучей среды;

фиг. 3(b) - схематическое поперечное сечение по линии A-A трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 4(a) - изображение первого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 4(b) - изображение второго этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 4(c) - изображение третьего этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 4(d) - изображение четвертого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 4(e) - изображение пятого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 3(a);

фиг. 5(a) - схематическое продольное сечение трубопровода для текучей среды третьего устройства

для измерения состава текучей среды;

фиг. 5(b) - схематическое поперечное сечение по линии A-A трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a);

фиг. 6(a) - изображение первого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a);

фиг. 6(b) - изображение второго этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a);

фиг. 6(c) - изображение третьего этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a);

фиг. 6(d) - изображение четвертого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a); and

фиг. 6(e) - изображение пятого этапа способа изготовления трубопровода для текучей среды, показанного на фиг. 5(a).

Подробное описание чертежей

Сначала на фиг. 1(a) и 1(b) показано устройство, обозначенное, в общем, позицией 2 для измерения состава текучей среды. Устройство 2 включает в себя трубопровод 4 для текучей среды, имеющий стенку 6. Стенка имеет внутреннюю поверхность 7, которая образует проточный путь 8 текучей среды. Устройство 2 включает в себя несимметричную передающую антенну 10 и несимметричную приемную антенну 12. Устройство 2 дополнительно включает в себя электропроводящий волноводный элемент 20, который электрически изолирован от, но имеет электромагнитную связь с передающей антенной 10 и приемной антенной 12 для направления электромагнитного поля от передающей антенны 10 к приемной антенне 12 по, в общем, спиралевидному волноводному каналу 22, образованному волноводным элементом 20. Волноводный элемент 20 отделен от проточного пути 8 текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области 24 стенки 6. Внутренняя область 24 стенки 6 сформирована из электроизоляционного PEEK материала. Спиралевидный выступ 26 из такого же электроизоляционного PEEK материала продолжается вокруг внешней поверхности 28 внутренней области 24 стенки 6. Волноводный элемент 20 продолжается поверх спиралевидного выступа 26 и внешней поверхности 28 внутренней области 24 стенки 6 таким образом, чтобы образовать спиралевидный паз или канавку 30, имеющий проем 32, который расположен в направлении проточного пути 8 текучей среды. Следует понимать, что волноводный элемент 20 выполнен с возможностью не только направления электромагнитного поля по волноводному каналу 22, но также обеспечения трубопровода 4 для текучей среды с достаточной прочностью для выдерживания внутреннего давления текучей среды, существующего внутри проточного пути 8 текучей среды, до 15,000 фунт/кв. дюйм (103.4 МПа). Следует также понимать, что внутренняя область 24 стенки 6 эффективно изолирует волноводный элемент 20 от проточного пути 8 текучей среды. Кроме того, внутренняя поверхность 7 стенки 6 является сравнительно гладкой, чтобы сдерживать или ослаблять нарастание отложений твердого вещества, например гидратов, частиц или чего-то подобного, для того, чтобы предотвращать закупоривание или сужение проточного пути 8 текучей среды.

Устройство 2 дополнительно включает в себя температурный датчик 34, размещенный и/или встроенный внутри стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды 4, для измерения температуры текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути 8 текучей среды, или для измерения температуры области стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды между температурным датчиком 34 и проточным путем 8 текучей среды. Устройство 2 дополнительно включает в себя датчик 36 минерализации текучей среды, размещенный и/или встроенный внутри стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды, для измерения минерализации текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути 8 текучей среды.

Устройство 2 включает в себя радиочастотный (RF) генератор 40 электрических сигналов, детектор 42 электрических сигналов и контроллер 44. Как показано штриховыми линиями 46 на фиг. 1(a), контроллер 44 предназначен для обмена данными с генератором 40 электрических сигналов, детектором 42 электрических сигналов, температурным датчиком 34 и датчиком 36 минерализации. Устройство 2 включает в себя входной коаксиальный кабель 50, который соединяет генератор 40 электрических сигналов с трубопроводом 4 для текучей среды. В частности, входной коаксиальный кабель 50 содержит внутренний проводник 50a, который электрически соединяет генератор 40 электрических сигналов с передающей антенной 10, и внешний трубчатый проводник 50Ь, который электрически соединяет генератор 40 электрических сигналов с волноводным элементом 20. Внутренний проводник 50a электрически изолирован и герметично закрыт от волноводного элемента 20. Аналогично устройство 2 включает в себя выходной коаксиальный кабель 52, который соединяет детектор электрических сигналов 42 с трубопроводом 4 для текучей среды. В частности, выходной коаксиальный кабель 52 содержит внутренний проводник 52a, который электрически соединяет приемную антенну 12 с детектором 42 электрических сигналов, и внешний трубчатый проводник 52b, который электрически соединяет волноводный элемент 20 с детектором 42 электрических сигналов. Внутренний проводник 52a электрически изолирован и герметично закрыт от волноводного элемента 20.

При использовании текучая среда, например двух- или трехфазная текучая среда, присутствует в

и/или протекает по проточному пути 8 текучей среды. Следует также понимать, что, при использовании, трубопровод 4 для текучей среды обычно ориентирован вертикально, и поэтому состав жидкости около внутренней поверхности стенки 6 точнее характеризует состав жидкости в проточном пути 8 текучей среды в целом. Генератор 40 электрических сигналов подает входной электрический сигнал с частотой приблизительно 5 ГГц в передающую антенну 10 по входному коаксиальному кабелю 40. Передающая антенна 10 возбуждает электромагнитное поле, которое направляется волноводным элементом 20 по спиралевидному волноводному каналу 22 в приемную антенну 12. Часть направляемого электромагнитного поля распространяется в боковом направлении относительно волноводного канала 22 из волноводного элемента 20, через проем 32 и внутреннюю область 24 стенки 6 в проточный путь 8 текучей среды. Выходной электрический сигнал возбуждается в приемной антенне 12 и передается по выходному коаксиальному кабелю 50 в детектор 42 электрических сигналов. Генератор 40 электрических сигналов передает величину или амплитуду входного электрического сигнала в контроллер 44. Детектор 42 электрических сигналов передает величину или амплитуду выходного электрического сигнала в контроллер 44. Контроллер 44 вычисляет измеренные потери энергии электромагнитного поля по величине или амплитуде входного и выходного электрических сигналов. Контроллер 44 принимает также измеренное значение из температурного датчика 34 и измеренное значение из датчика 36 минерализации. Измеренное значение, получаемое контроллером 44 из температурного датчика 34, может быть, например, измеренным значением температуры. В качестве альтернативы, для определения измеренного значения температуры, контроллер 44 может использовать измеренное значение, получаемое из температурного датчика 34, совместно с данными температурной калибровки, хранящимися в контроллере 44. Аналогично измеренное значение, получаемое контроллером 44 из датчика 36 минерализации, может быть, например, измеренным значением минерализации. В качестве альтернативы, для определения измеренного значения минерализации контроллер 44 может использовать измеренное значение, получаемое из датчика 36 минерализации, совместно с данными калибровки минерализации, хранящимися в контроллере 44. По меньшей мере, что-то одно из конфигурации волноводного элемента 20, толщины внутренней области 24 стенки 6 и материала внутренней области 24 стенки 6 и частоты входного электрического сигнала выбраны с таким расчетом, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться вбок относительно волноводного канала 22 через проем 32 и внутреннюю область 24 стенки 6 в проточный путь 8 текучей среды. Направляемое электромагнитное поле теряет энергию по мере того, как оно направляется по спиралевидному волноводному каналу 22 вследствие утечки электромагнитной энергии из направляемого электромагнитного поля через проем и/или поглощения электромагнитной энергии в текучей среде в проточном пути 8 текучей среды. Потери энергии при распространении электромагнитного поля от передающей антенны 10 к приемной антенне 12 зависят от состава текучей среды. В частности, обнаружено, что потери возрастают с повышением обводненности. Обнаружено также, что потери изменяются слабее при изменении минерализации и температуры текучей среды.

Калибровочные данные, включающие в себя потери электромагнитной энергии в зависимости от обводненности, минерализации и температуры, хранятся в контроллере 44. Контроллер 44 использует измеренные потери энергии электромагнитного поля и измеренные значения температуры и минерализации совместно с сохраняемыми калибровочными данными, чтобы вычислять реальную обводненность текучей среды в проточном пути 8 текучей среды.

Фиг. 2(a)-2(f) изображают разные этапы способа изготовления трубопровода 4 для текучей среды устройства 2, показанного на фиг. 1(a) и 1 (b). Как показано на фиг. 2 (a), способ изготовления начинается с обеспечения базового элемента в форме PEEK втулки 24. Как показано на фиг. 2(b), на внешней поверхности 28 PEEK втулки 24 формируют электропроводящий внутренний слой 20a композиционного материала, содержащий углеродные волокна, заложенные в PEEK связующий материал, посредством наложения углеволоконной/PEEK ленты вокруг внешней поверхности 28 PEEK втулки 24 таким образом, чтобы обеспечить направление углеродных волокон под предварительно заданным углом относительно продольной оси трубопровода 4 для текучей среды. Углеволоконную/PEEK ленту нагревают в процессе наложения, чтобы расплавить или сплавить PEEK связующий материал ленты с PEEK связующим материалом нижележащих слоев ленты и/или PEEK материалом втулки 24. Как показано на фиг. 2(c), во внутреннем слое 20a композиционного материала формируют спиралевидное углубление 60 таким образом, чтобы обнажить спиралевидную секцию внешней поверхности 28 PEEK втулки 24. Спиралевидное углубление 60 формируют в направлении, которое, в общем, параллельно направлению углеродных волокон. Без привлечения теории, следует полагать, что ориентирование направления спиралевидного углубления 60 в направлении углеродных волокон может способствовать направлению электромагнитного поля вдоль волноводного канала 22 и снижению потерь электромагнитной энергии по волноводному элементу 20. Во внутреннем слое 20a композиционного материала формируют одно или более дополнительных углублений 61 для вмещения температурного датчика 34 и датчика 36 минерализации.

Как показано на фиг. 2(d), в спиралевидное углубление 60 вставляют PEEK вставки 26a, 26b, 26c, 26d, 26e. PEEK вставки 26a, 26b, 26c, 26d, 26e соединяют друг с другом, с внешней поверхностью 28 PEEK втулки 24 и/или с боковыми сторонами спиралевидного углубления 60, образованного во внутреннем слое 20a композиционного материала, посредством приклеивания или сплавления таким образом,

чтобы формировать спиралевидный выступ 26. Температурный датчик 34 и датчик 36 минерализации вставляют в дополнительные углубления 61. Как показано на фиг. 2(e), формируют электропроводящий внешний слой 20b композиционного материала, содержащий углеродные волокна, заложенные в PEEK связующем материале, поверх внешней поверхности 62 внутреннего слоя 20a композиционного материала, PEEK вставок 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, температурного датчика 34 и датчика 36 минерализации посредством намотки углеволоконной/PEEK ленты на внешнюю поверхность 62 и такого нагревания наложенной ленты, чтобы расплавить или сплавить PEEK связующий материал ленты с PEEK связующим материалом любых нижележащих слоев ленты, PEEK материалом внутреннего слоя 20a композиционного материала и PEEK материалом PEEK вставок 26a, 26b, 26c, 26d, 26e. Как показано на фиг. 2(f), изготовление трубопровода 4 для текучей среды заканчивают формированием передающей антенны 10 и формированием приемной антенны 12. Следует понимать, что конец внутреннего проводника 50a входного коаксиального кабеля 50 размещают внутри спиралевидного выступа 26, чтобы образовать передающую антенну 10, и конец внутреннего проводника 52a выходного коаксиального кабеля 52 размещают внутри спиралевидного выступа 26, чтобы образовать приемную антенну 12. Следует понимать, что во внешнем слое 20b композиционного материала и спиралевидном выступе 26 образуют соответствующие отверстия, и что внутренние проводники 50a, 52a входного и выходного коаксиальных кабелей 50, 52 продолжаются сквозь соответствующие отверстия и электрически изолированы и герметично закрыты от них таким образом, чтобы образовать антенны 10, 12.

Следует также понимать, что, в результате процесса изготовления трубопровода 4 для текучей среды, описанного выше со ссылкой на фиг. 2(a)-2(f), PEEK материал PEEK втулки 24, PEEK материал внутреннего слоя 20a композиционного материала и PEEK материал внешнего слоя 20b композиционного материала можно сплавлять, чтобы формировать сплошной PEEK связующий материал по всей толщине стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды. По существу, внутренний и внешний слои 20a, 20b композиционного материала являются одним целым (и могут быть неразличимыми), чтобы образовать волноводный элемент 20. Аналогично, PEEK втулку 24 также можно рассматривать как одно целое с волноводным элементом 20, так что можно считать, что PEEK втулка 24 формирует внутреннюю область 24 стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды. Кроме того, в зависимости от точного характера процесса склеивания или сплавления, применяемого для соединения PEEK вставок 26a, 26b, 26c, 26d, 26e друг с другом, с внешней поверхностью 28 PEEK втулки 24 и/или с боковыми сторонами спиралевидного углубления 60, образованного во внутреннем слое 20a композиционного материала, при этом PEEK материал каждой PEEK вставки 26a, 26b, 26c, 26d, 26e может сплавляться с PEEK материалом, по меньшей мере, одной другой PEEK вставки 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, PEEK материалом втулки 24, PEEK материалом внутреннего слоя 20a композиционного материала и PEEK материалом внешнего слоя 20b композиционного материала.

Фиг. 3(a) и 3(b) представляют трубопровод 104 для текучей среды первого альтернативного устройства для измерения состава текучей среды. Трубопровод 104 для текучей среды, показанный на фиг. 3(a) и 3(b), имеет много общих соответствующих признаков с трубопроводом 4 для текучей среды, показанным на фиг. 1(a) и 1(b), при этом одноименные признаки трубопровода 104 для текучей среды имеют такие же числовые позиции, как соответствующие признаки трубопровода 4 для текучей среды, но увеличенные на "100". Трубопровод 104 для текучей среды имеет стенку 106, которая образует проточный путь 108 текучей среды. Несимметричная передающая антенна 110 и несимметричная приемная антенна 112 встроены внутрь стенки 106. Трубопровод 104 для текучей среды дополнительно включает в себя электропроводящий волноводный элемент 120, который электрически изолирован от, но имеет электромагнитную связь с передающей антенной 110 и приемной антенной 112 для направления электромагнитного поля от передающей антенны 110 к приемной антенне 112 по, в общем, спиралевидному волноводному каналу 122, образованному волноводным элементом 120. Волноводный элемент 120 встроен внутрь PEEK слоя 126 стенки 126 и отделен от проточного пути 108 текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области 124 PEEK слоя 126 стенки 106. Волноводный элемент 120 имеет, в общем, постоянное U-образное поперечное сечение в плоскости, поперечной волноводному каналу 122. Волноводный элемент 120 образует спиралевидный паз или канавку 130, имеющий(ую) проем 132, который расположен в направлении проточного пути 108 текучей среды. Вокруг волноводного элемента 120 и PEEK слоя 126 сформирован внешний конструктивный слой 170 углеродных волокон, заложенных в PEEK связующий материал. Следует понимать, что внешний конструктивный слой 170 обеспечивает трубопроводу 104 для текучей среды достаточную прочность, что выдерживать внутренние давления текучей среды, существующие внутри проточного пути 108 текучей среды, до 15,000 фунт/кв. дюйм (103.4 МПа).

Следует понимать, что, по меньшей мере, один из температурного датчика (не показанного) и датчика минерализации текучей среды (не показанного) может быть, по меньшей мере, частично расположен и/или встроен внутри стенки 106 трубопровода 104 для текучей среды. Трубопровод 104 для текучей среды может быть электрически соединен с генератором электрических сигналов (не показанным) и детектором электрических сигналов (не показанным) посредством входного и выходного коаксиальных кабелей 150, 152, соответственно, для измерения потерь электромагнитного поля, направляемого волно-

водным элементом 12 0, и для определения обводненности текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути 108 текучей среды, аналогично тому, как уже описано выше со ссылкой на трубопровод 4 для текучей среды, показанный на фиг. 1(a) и 1(b).

Фиг. 4(a)-4(e) изображают разные этапы способа изготовления трубопровода 104, показанного на фиг. 3(a) и 3(b). Как показано на фиг. 4(a), способ изготовления начинается с обеспечения базового элемента в форме PEEK втулки 124. Как показано на фиг. 4(b), на внешней поверхности 128 PEEK втулки 124 формируют электроизоляционный PEEK слой 128 посредством сборки и приклеивания двух PEEK полутрубчатых элементов 126a, 126b к внешней поверхности 128 PEEK втулки 124. Как показано на фиг. 4(c), в PEEK слое 126 формируют, в общем, спиралевидное углубление 160 с, в общем, постоянным U-образным поперечным сечением. Как показано на фиг. 4(d), в спиралевидное углубление 160 нагнетают или вставляют электропроводящий материал, например медь, чтобы образовать волноводный элемент 120. Как показано на фиг. 4(e), поверх внешней поверхности 162 волноводного элемента 120 и PEEK слоя 126 формируют углеволоконный/PEEK внешний конструктивный слой 170 посредством намотки углеволоконной/PEEK ленты вокруг внешней поверхности 162 и такого нагревания наложенной ленты, чтобы расплавить или сплавить PEEK связующий материал ленты с PEEK связующим материалом любых нижележащих слоев ленты и/или PEEK материалом PEEK слоя 126. Изготовление трубопровода 104 для текучей среды заканчивают формированием передающей антенны 110 и формированием приемной антенны 112.

Фиг. 5(a) и 5(b) представляют трубопровод 204 для текучей среды второго альтернативного устройства для измерения состава текучей среды. Трубопровод 204 для текучей среды, показанный на фиг. 5(a) и 5(b), имеет много общих соответствующих признаков с трубопроводом 104 для текучей среды, показанным на фиг. 3(a) и 3(b), при этом одноименные признаки трубопровода 204 для текучей среды, имеют такие же числовые позиции, как соответствующие признаки трубопровода 104 для текучей среды, но увеличенные на "100". Трубопровод 204 для текучей среды имеет стенку 206, которая образует проточный путь 208 текучей среды. Несимметричная передающая антенна 210 и несимметричная приемная антенна 212 встроены внутрь стенки 206. Трубопровод 204 для текучей среды дополнительно включает в себя электропроводящие волноводные элементы 220a, 220b, встроенные в PEEK слой 226 стенки 206. Волноводные элементы 220a, 220b отделены от проточного пути 208 текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области 224 PEEK слоя 226 стенки 206. Вокруг волноводных элементов 220a, 220b и PEEK слоя 226 сформирован электропроводящий внешний конструктивный слой 270 углеродных волокон, заложенных в PEEK связующем материале. Следует понимать, что электропроводящий внешний конструктивный слой 270 не только придает трубопроводу 204 для текучей среды достаточную прочность для выдерживания внутренних давлений текучей среды, существующих внутри проточного пути 208 текучей среды до 15,000 фунт/кв. дюйм (103.4 МПа), но, совместно с волноводными элементами 220a, 220b, также образует электропроводящий волноводный элемент, обозначенный общей позицией 220. Волноводный элемент 220 электрически изолирован от, но имеет электромагнитную связь с передающей антенной 210 и приемной антенной 212 для направления электромагнитного поля от передающей антенны 210 к приемной антенне 212 по, в общем, спиралевидному волноводному каналу 222, образованному волноводным элементом 220. Волноводный элемент 220 образует спиралевидный паз или канавку 230 имеющую проем 232, который расположен в направлении проточного пути 208 текучей среды.

Следует понимать, что, по меньшей мере, один из температурного датчика (не показанного) и датчика минерализации текучей среды (не показанного) может быть, по меньшей мере, частично расположен и/или встроен внутри стенки 206 трубопровода 204 для текучей среды. Трубопровод 204 для текучей среды может быть электрически соединен с генератором электрических сигналов (не показанным) и детектором электрических сигналов (не показанным) посредством входного и выходного коаксиальных кабелей 250, 252, соответственно, для измерения потерь электромагнитного поля, направляемого волноводным элементом 220, и для определения обводненности текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути 208 текучей среды аналогично тому, как уже описано выше со ссылкой на трубопровод 4 для текучей среды, показанный на фиг. 1(a) и 1(b).

Фиг. 6(a)-6(e) изображают разные этапы способа изготовления трубопровода 204, показанного на фиг. 5(a) и 5(b). Как показано на фиг. 6(a), способ изготовления начинается с обеспечения базового элемента в форме PEEK втулки 224. Как показано на фиг. 6(b), на внешней поверхности 228 PEEK втулки 224 формируют электроизоляционный PEEK слой 226 посредством сборки и приклеивания двух PEEK полутрубчатых элементов 226a, 226a к внешней поверхности 228 PEEK втулки 224. Как показано на фиг. 6(c), в PEEK слое 226 формируют два, в общем, спиралевидных параллельных углубления 260a, 260b. Как показано на фиг. 6(d), в спиралевидные углубления 260a, 260b нагнетают или вставляют электропроводящий материал, например медь. Как показано на фиг. 6(e), поверх внешней поверхности 262 волноводных элементов 220a, 220b и PEEK слоя 226 формируют электропроводящий углеволоконный/PEEK внешний конструктивный слой 270 посредством намотки углеволоконной/PEEK ленты вокруг внешней поверхности 262 и такого нагревания наложенной ленты, чтобы расплавить или сплавить PEEK связующий материал ленты с PEEK связующим материалом любых нижележащих слоев ленты и/или PEEK ма-

териалом PEEK слоя 226. Изготовление трубопровода 204 для текучей среды заканчивают формированием передающей антенны 210 и формированием приемной антенны 212.

Специалисту со средним уровнем компетентности в данной области техники будет понятно, что возможны различные модификации вышеописанных устройств и способов. Например, входной электрический сигнал может иметь любую частоту в диапазоне 1-10 ГГц, 2,5-7,5 ГГц или 4-6 ГГц. Волноводный канал 22 может иметь другую геометрию, кроме спиралевидной. Например, волноводный канал 22 может продолжаться вдоль и/или вокруг втулки 24. Волноводный канал 22 может быть, в общем, прямолинейным. Волноводный канал 22 может продолжаться параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды. Волноводный канал 22 может продолжаться по дуге окружности. Волноводный канал 22 может продолжаться по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды. Волноводный канал 22 может быть, в общем, кольцевым. Волноводный канал 22 может окружать или охватывать по окружности втулку 24 один или несколько раз. Волноводный канал 22 может окружать или охватывать по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз.

Внутренняя область или втулка 24 стенки 6 трубопровода для текучей среды 4 может включать в себя электроизоляционный материал или диэлектрический материал любого рода. Например, внутренняя область или втулка 24 стенки 6 трубопровода 4 для текучей среды может содержать, по меньшей мере, какой-то один из полимерного материала, термопластичного материала, термореактивного материала, полиарилэфиркетона, полиарилкетона, полиэфиркетона (PEK), полиэфирэфиркетона (PEEK), поликарбоната, поливинилхлорида (PVC), полиамида, полиамида-11 (PA11), поливинилиденфторида, поливинилидендифторида (PVDF), полифениленсульфида (PPS), полиэтилениминов (PEI), полиоксиметилена (POM), ацеталя, смолы, отверждающейся смолы, полимерной смолы и эпоксидной смолы. Электроизоляционный материал может включать в себя связующий материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри связующего материала. Один или более армирующих элементов могут быть электроизоляционными. Например, один или более армирующих элементов могут включать в себя, по меньшей мере, одно из полимерных волокон, арамидных волокон, неполимерных волокон, базальтовых волокон, стекловолокон и/или алюмоборосиликатных стекловолокон.

Волновод 20 может включать в себя связующий материал, содержащий любой из электроизоляционных материалов, которые может содержать втулка 24. Волноводный элемент 20 может содержать один или более металлических армирующих элементов.

Устройство может содержать температурный датчик, который расположен отдельно от трубопровода 4 для текучей среды. Например, устройство может содержать температурный датчик, соединенный с трубой, которая соединена с одним концом трубопровода 4 для текучей среды. Аналогично устройство может содержать датчик минерализации текучей среды, который расположен отдельно от трубопровода 4 для текучей среды. Например, устройство может содержать датчик минерализации текучей среды, соединенный с трубой, которая соединена с одним концом трубопровода 4 для текучей среды.

Устройство может содержать множество передающих антенн, множество приемных антенн и множество электропроводящих волноводных элементов. Каждый волноводный элемент может быть отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционной внутренней области стенки. Каждый волноводный элемент может быть электрически изолированным от, но электромагнитно связанным с соответствующей одной из передающих антенн и соответствующей одной из приемных антенн для направления соответствующего электромагнитного поля от соответствующей передающей антенны к соответствующей приемной антенне по соответствующему волноводному каналу. Каждый волноводный элемент может образовать соответствующий проем, который расположен в направлении проточного пути текучей среды, чтобы предоставлять части соответствующего электромагнитного поля возможность распространяться через соответствующий проем и внутреннюю область стенки в проточный путь текучей среды.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (2) для измерения состава текучей среды, содержащее:

трубопровод (4) для текучей среды, передающую антенну (10, 110, 210);

приемную антенну (12, 112, 212);

причем трубопровод (4) для текучей среды содержит:

электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24), имеющий внутри проточный путь (8, 108, 208) текучей среды;

волноводный элемент (20, 120, 220), сформированный на электроизоляционном трубчатом базовом элементе (24) и предназначенный для электромагнитного соединения передающей антенны (10, 110, 210) и приемной антенны (12, 112, 212) и для направления электромагнитного поля от передающей антенны (10, 110, 210) к приемной антенне (12, 112, 212) по волноводному каналу (22, 122, 222) волноводного элемента, проходящему спиралевидно или, в общем, спиралевидно вокруг электроизоляционного трубчатого базового элемента (24),

при этом волноводный канал (22, 122, 222) волноводного элемента представляет собой спиралевидную канавку (30, 130, 230), открытая часть (32, 132, 232) которой ориентирована по направлению к проточному пути (8, 108, 208) текучей среды, чтобы предоставлять части электромагнитного поля возможность распространяться через открытую часть (32, 132, 232) и электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) в проточный путь (8, 108, 208), и причем канавка (30, 130, 230) заполнена электроизоляционным заполняющим материалом (26);

электропроводящий слой или покрытие, сформированное на внешней части поверхности волноводного элемента (20, 120, 220);

причем устройство содержит генератор (40) электрических сигналов, электрически соединенный с передающей антенной (10, 110, 210), детектор (42) электрических сигналов, электрически соединенный с приемной антенной (12, 112, 212), и контроллер (44), причем контроллер выполнен с возможностью измерения входного электрического сигнала, подаваемого генератором (40) электрических сигналов в передающую антенну (10, 110, 210), выходного электрического сигнала, принимаемого детектором (42) электрических сигналов из приемной антенны (12, 112, 212), контроллер (44) выполнен с возможностью вычисления электромагнитных потерь по измеренному входному электрическому сигналу и измеренному выходному электрическому сигналу и вычисления состава текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между составом текучей среды и электромагнитными потерями.

2. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором канавка продолжается вдоль всего волноводного канала.

3. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент имеет, в общем, постоянное поперечное сечение.

4. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент имеет, в общем, U-образное поперечное сечение.

5. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором, по меньшей мере, что-то одно из конфигурации волноводного элемента, толщины электроизоляционного трубчатого базового элемента (24), материала электроизоляционного трубчатого базового элемента (24) и частоты электромагнитного поля выбрано так, чтобы предоставлять электромагнитному полю возможность распространяться через канавку и электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) в проточный путь текучей среды.

6. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором, по меньшей мере, часть волноводного канала волноводного элемента

продолжается вдоль и/или вокруг проточного пути текучей среды;

продолжается по прямой или содержит секцию, которая продолжается по прямой;

продолжается по дуге окружности или содержит секцию, которая продолжается по дуге окружности;

является кольцевой или содержит секцию, которая является кольцевой;

окружает или охватывает по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз или содержит секцию, которая окружает или охватывает по окружности проточный путь текучей среды один или несколько раз; и/или

является спиралевидной или, в общем, спиралевидной или содержит секцию, которая является спиралевидной или, в общем, спиралевидной.

7. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором, по меньшей мере, часть волноводного канала волноводного элемента

продолжается параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды или содержит секцию, которая продолжается параллельно продольной оси трубопровода для текучей среды;

продолжается по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или содержит секцию, которая продолжается по окружности относительно продольной оси трубопровода для текучей среды;

окружает или охватывает по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз или содержит секцию, которая окружает или охватывает по окружности продольную ось трубопровода для текучей среды один или несколько раз; и/или

продолжается спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды или содержит секцию, которая продолжается спиралевидно или, в общем, спиралевидно относительно продольной оси трубопровода для текучей среды.

8. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) изолирует волноводный элемент от проточного пути текучей среды.

9. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором передающая антенна, по меньшей мере, частично размещена и/или встроена внутри волноводного элемента (20, 120, 220), и/или при этом приемная антенна, по меньшей мере, частично размещена и/или встроена внутри волноводного элемента (20, 120, 220).

10. Устройство по любому предыдущему пункту., в котором электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) содержит электроизоляционный материал.

11. Устройство по п.8, в котором электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) содержит электроизоляционный материал и один или более электроизоляционных армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

12. Устройство по п.10, в котором один или более электроизоляционных армирующих элементов содержат, по меньшей мере, одно из полимерных волокон, арамидных волокон, неполимерных волокон, базальтовых волокон, стекловолокон и/или алюмоборосиликатных стекловолокон.

13. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент содержит электроизоляционный связующий материал и один или более электропроводящих армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного связующего материала.

14. Устройство по п.13 с зависимостью от любого из пп.11-13, в котором электроизоляционный материал электроизоляционного трубчатого базового элемента (24) и электроизоляционный материал волноводного элемента содержат одинаковый электроизоляционный материал, и/или при этом электроизоляционный материал волноводного элемента является сплошным с электроизоляционным материалом электроизоляционного трубчатого базового элемента (24).

15. Устройство по п.14, в котором один или более электропроводящих армирующих элементов содержат одно или более углеродных волокон.

16. Устройство по любому из пп.14, 15, в котором один или более электропроводящих армирующих элементов имеют одинаковую ориентацию относительно волноводного канала, и/или при этом один или более электропроводящих армирующих элементов расположены, в общем, параллельно волноводному каналу.

17. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент содержит металл.

18. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент содержит внешнюю область.

19. Устройство по п.18, в котором внешняя область волноводного элемента содержит композиционный материал, содержащий электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала

20. Устройство по п.19 с зависимостью от любого из пп.14-16, в котором электроизоляционный материал внешней области волноводного элемента и электроизоляционный материал волноводного элемента содержат одинаковый электроизоляционный материал.

21. Устройство по п.20, в котором электроизоляционный материал внешней области волноводного элемента является сплошным с электроизоляционным материалом волноводного элемента.

22. Устройство по п.21, в котором электроизоляционный трубчатый базовый элемента (24) является, в общем, трубчатым или содержит втулку.

23. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент расположен снаружи электроизоляционного трубчатого базового элемента (24), передающая антенна расположена снаружи электроизоляционного трубчатого базового элемента (24) и/или приемная антенна расположена снаружи электроизоляционного трубчатого базового элемента (24).

24. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором электроизоляционный заполняющий материал (26) сформирован in situ на, поверх и/или вокруг электроизоляционного трубчатого базового элемента (24).

25. Устройство по любому из пп.1-24, в котором электроизоляционный заполняющий материал (26) сформирован отдельно от электроизоляционного трубчатого базового элемента (24) и затем посажен на, поверх и/или вокруг электроизоляционного трубчатого базового элемента (24).

26. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором электроизоляционный заполняющий материал (26) приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к электроизоляционному трубчатому базовому элементу (24).

27. Устройство по любому предыдущему пункту с зависимостью от, по меньшей мере, одного из пп.12 и 14, в котором электроизоляционный заполняющий материал (26) содержит такой же электроизоляционный материал, как электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24), и/или волноводный элемент, и/или при этом электроизоляционный заполняющий материал (26) является сплошным с электроизоляционным материалом электроизоляционного трубчатого базового элемента (24) и/или электроизоляционным материалом волноводного элемента.

28. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором передающая антенна продолжается внутрь и/или, по меньшей мере, частично встроена внутри электроизоляционного заполняющего материала (26), и/или при этом приемная антенна продолжается внутрь и/или, по меньшей мере, частично встроена внутри электроизоляционного заполняющего материала (26).

29. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент сформирован in situ на, поверх и/или вокруг электроизоляционного заполняющего материала (26).

30. Устройство по любому из пп.1-29, в котором волноводный элемент сформирован отдельно от электроизоляционного заполняющего материала (26) и затем посажен на, поверх и/или вокруг электроизоляционного материала (26).

31. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором волноводный элемент приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к электроизоляционному материалу (26).

32. Устройство по п.18 или любому пункту, зависимому от п.18, в котором трубопровод для текучей среды содержит внешний элемент, сформированный in situ на, поверх и/или вокруг волноводного элемента.

33. Устройство по п.32, в котором внешний элемент сформирован отдельно от волноводного элемента и затем посажен на, поверх и/или вокруг волноводного элемента.

34. Устройство по любому из пп.31-33, в котором внешний элемент приклеен, прикреплен, приплавлен, приварен и/или присоединен к волноводному элементу.

35. Устройство по любому из пп.31-34, в котором внешний элемент содержит электроизоляционный материал и один или более армирующих элементов, заложенных внутри электроизоляционного материала.

36. Устройство по п.35, с зависимостью от п.15, в котором электроизоляционный материал внешнего элемента содержит такой же электроизоляционный материал, как волноводный элемент, и/или при этом электроизоляционный материал внешнего элемента является сплошным с электроизоляционным материалом волноводного элемента.

37. Устройство по п.35, в котором один или более армирующих элементов внешнего элемента являются электропроводящими, и/или при этом один или более армирующих элементов внешнего элемента содержат одно или более углеродных волокон.

38. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором трубопровод для текучей среды выполнен с возможностью выдерживания одного или более условий эксплуатации, связанных с текучей средой в нефтяной или газовой скважине, и/или при этом трубопровод для текучей среды выполнен с возможностью выдерживания давления внутри проточного пути текучей среды до 15,000 фунт/кв. дюйм (103.4 МПа), до 10,000 фунт/кв. дюйм (68.9 МПа) или до 5,000 фунт/кв. дюйм (34.5 МПа).

39. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором трубопровод для текучей среды выполнен с возможностью выдерживания температуры внутри проточного пути текучей среды до 200°C, до 150°C или до 100°C.

40. Устройство по любому предыдущему пункту, содержащее

множество передающих антенн;

множество приемных антенн; и

множество электропроводящих волноводных элементов, при этом каждый волноводный элемент выполнен с возможностью электромагнитной связи с соответствующей одной из передающих антенн и соответствующей одной из приемных антенн и с возможностью направления соответствующего электромагнитного поля от соответствующей передающей антенны к соответствующей приемной антенне по соответствующему волноводному каналу, и

причем каждый волноводный элемент отделен от проточного пути текучей среды посредством электроизоляционного трубчатого базового элемента (24), и в каждом волноводном элементе предусмотрена канавка, открытая часть которой ориентирована по направлению к проточному пути текучей среды, чтобы предоставлять части соответствующего электромагнитного поля возможность распространяться через соответствующую открытую часть канавки и электроизоляционный трубчатый базовый элемент (24) в проточный путь текучей среды.

41. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором, по меньшей мере, что-то одно из электроизоляционного трубчатого базового элемента (24), электроизоляционного заполняющего материала (26) и внешнего элемента содержит, по меньшей мере, какой-то один из полимерного материала, термопластичного материала, термореактивного материала, полиарилэфиркетона, полиарилкетона, полиэфиркетона (PEK), полиэфирэфиркетона (PEEK), поликарбоната, поливинилхлорида (PVC), полиамида, полиамида-11 (PA11), поливинилиденфторида, поливинилидендифторида (PVDF), полифениленсульфида (PPS), полиэтилениминов (PEI), полиоксиметилена (POM), ацеталя, смолы, отверждающейся смолы, полимерной смолы и эпоксидной смолы.

42. Устройство по любому предыдущему пункту, в котором электромагнитное поле имеет радиочастоту (RF), и/или при этом электромагнитное поле имеет частоту в диапазоне 1-10 ГГц, 2,5-7,5 ГГц, 4-6 ГГц или имеет частоту приблизительно 5 ГГц.

43. Способ измерения состава текучей среды, с помощью устройства (2) по п.1, содержащий следующие этапы:

подают текучую среду в проточный путь (8, 108, 208) текучей среды, образованный стенкой (6) трубопровода (4) для текучей среды;

обеспечивают передающую антенну (10, 110, 210) и приемную антенну (12, 112, 212), соединенные с электропроводящим волноводным элементом (20, 120, 220) для направления электромагнитного поля от передающей антенны (10, 110, 210) к приемной антенне (12, 112, 212) по волноводному каналу (22, 122, 222),

подают входной электрический сигнал в передающую антенну (10, 110, 210);

измеряют выходной электрический сигнал, принимаемый на приемной антенне (12, 112, 212), и

вычисляют электромагнитные потери по входному электрическому сигналу и измеренному выходному электрическому сигналу;

вычисляют состав текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между составом текучей среды и электромагнитными потерями.

44. Способ по п.43, содержащий этап вычисления относительных долей разных жидких компонентов текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между относительными долями разных жидких компонентов и электромагнитными потерями.

45. Способ по п.43 или 44, содержащий этап вычисления объемной доли воды в жидкой фазе текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям и известной зависимости между объемной долей воды в жидкой фазе текучей среды и электромагнитными потерями.

46. Способ по п.43, содержащий следующий этап: измеряют температуру текучей среды и/или температуру стенки рядом с проточным путем текучей среды.

47. Способ по п.43 или 46, содержащий следующий этап: измеряют минерализацию текучей среды.

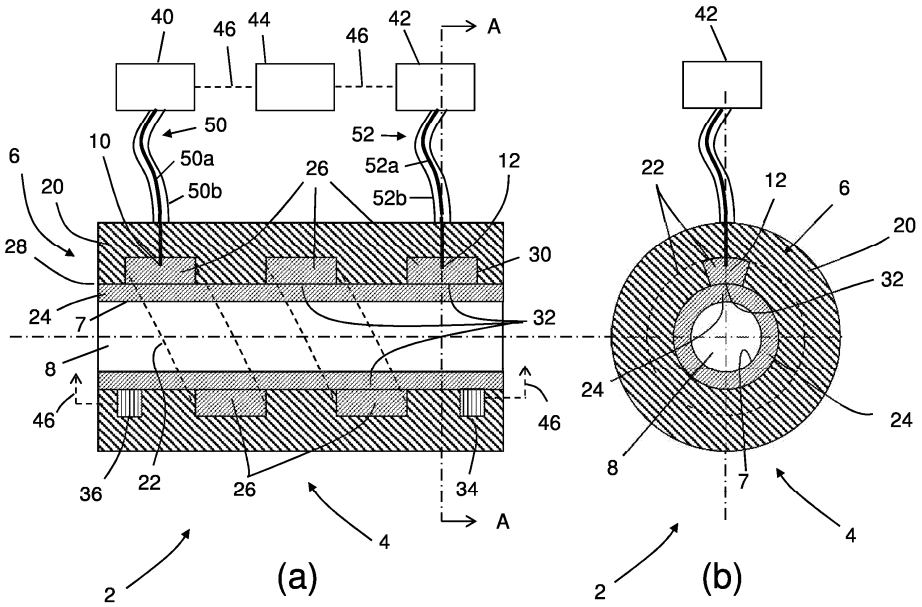
48. Способ по п.46 или 47, содержащий следующий этап: вычисляют состав текучей среды по вычисленным электромагнитным потерям, по меньшей мере, чему-то одному из измеренной температуры и измеренной минерализации и известной зависимости между составом текучей среды, электромагнитными потерями и, по меньшей мере, чему-то одному из температуры и минерализации.

49. Способ по любому из пп.43-48, в котором входной и выходной электрические сигналы являются радиочастотными (РЧ) электрическими сигналами, и/или при этом входной и выходной электрические сигналы имеют частоту в диапазоне 1-10 ГГц, 2,5-7,5 ГГц, 4-6 ГГц или частоту приблизительно 5 ГГц.

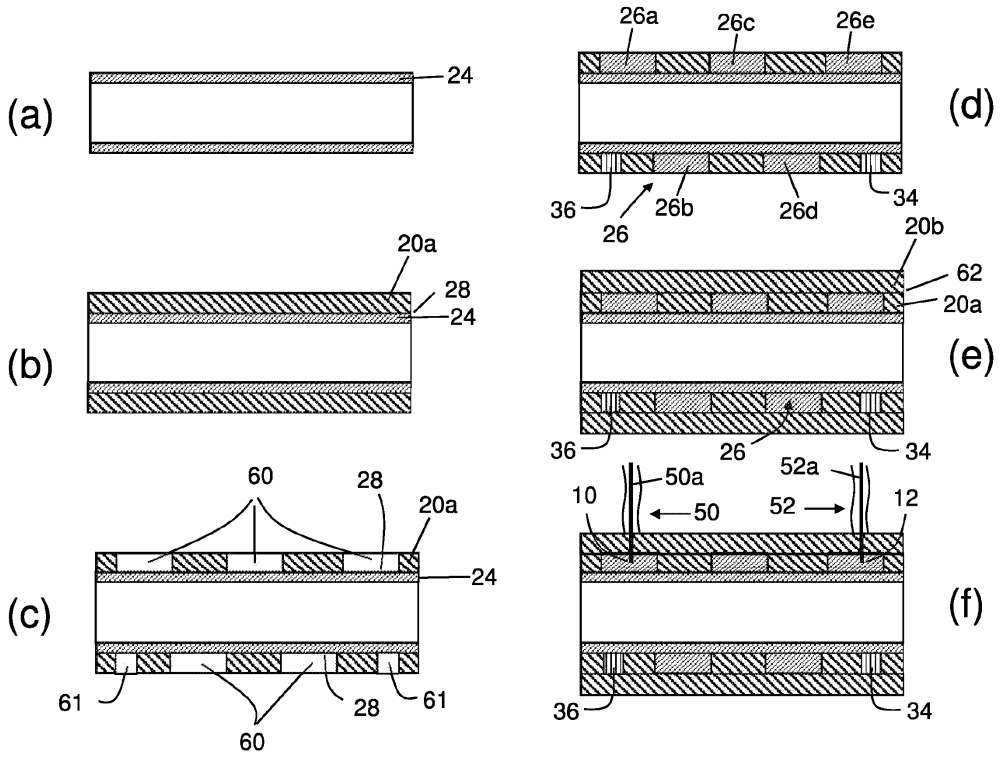
50. Способ по любому из пп.43-49, в котором текучая среда является двухфазной или трехфазной текучей средой, и/или при этом текучая среда содержит воду и, по меньшей мере, что-то одно из нефти и газа.

51. Способ по п.50, в котором текучая среда содержит смесь жидкостей, в которых доля воды находится в диапазоне 50-100%.

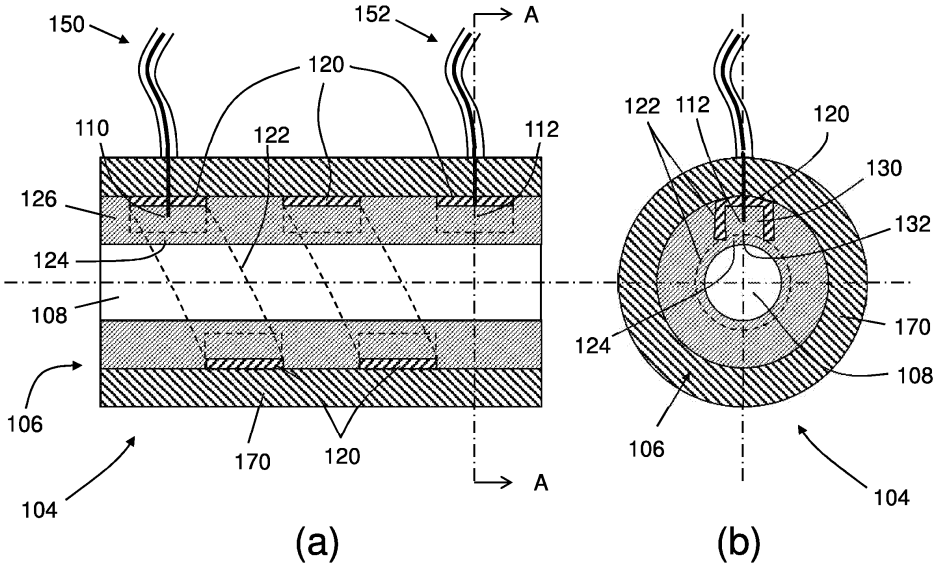
52. Способ по любому из пп.43-51, содержащий этап ориентирования трубопровода для текучей среды по вертикали или почти по вертикали, и/или смешения текучей среды, присутствующей в и/или протекающей по проточному пути текучей среды.



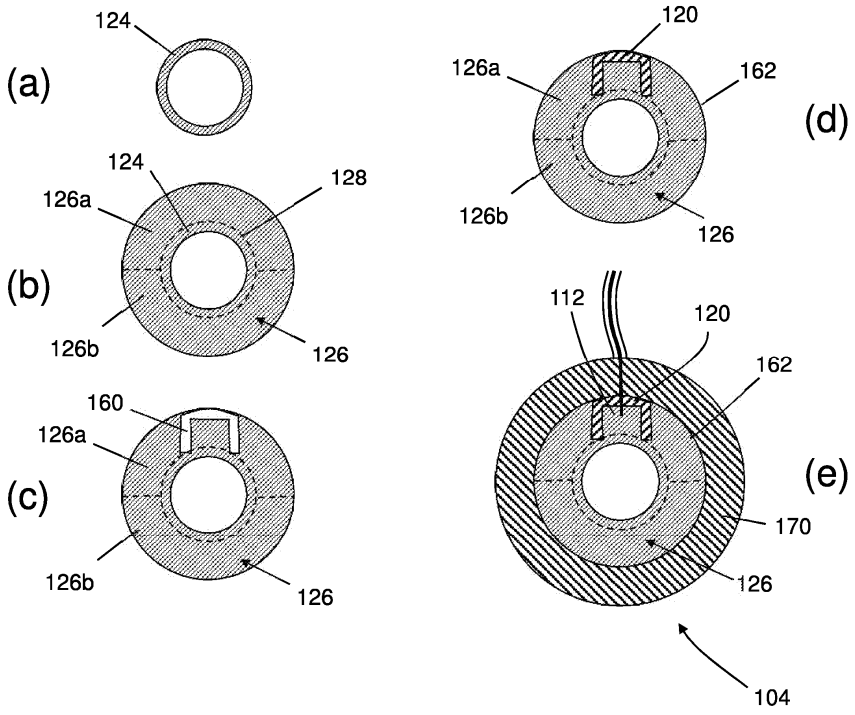
Фиг. 1


(a)
24
(b)
20a
28
24
(c)
60
28
20a
24
61
28
61
60
(d)
26a
26c
26e
36
26
26b
26d
34
(e)
20b
62
20a
36
26
34
(f)
50a
10
50
52
52a
12
36
34

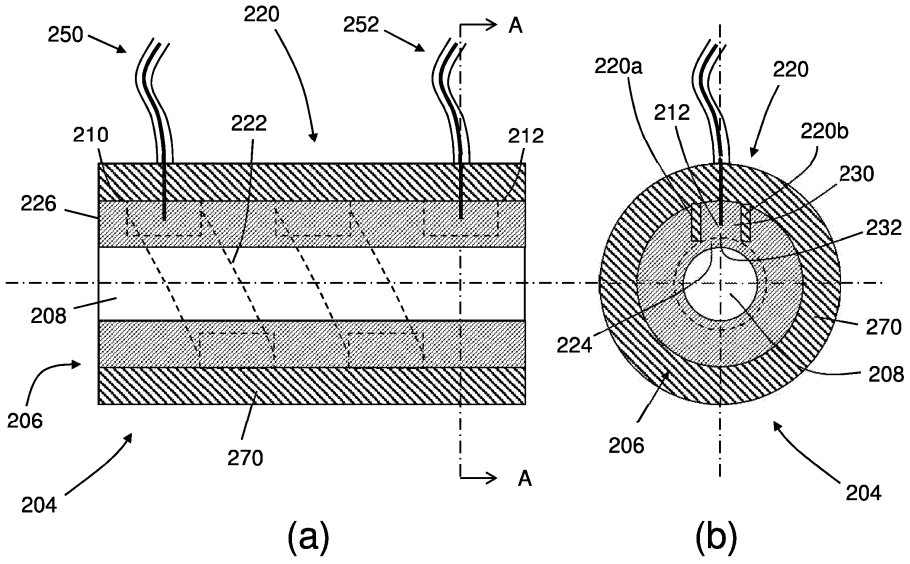
Фиг. 2


150
152
A
120
110
122
112
126
124
108
106
104
170
120
A
(a)
122
112
120
130
132
124
170
108
106
104
(b)

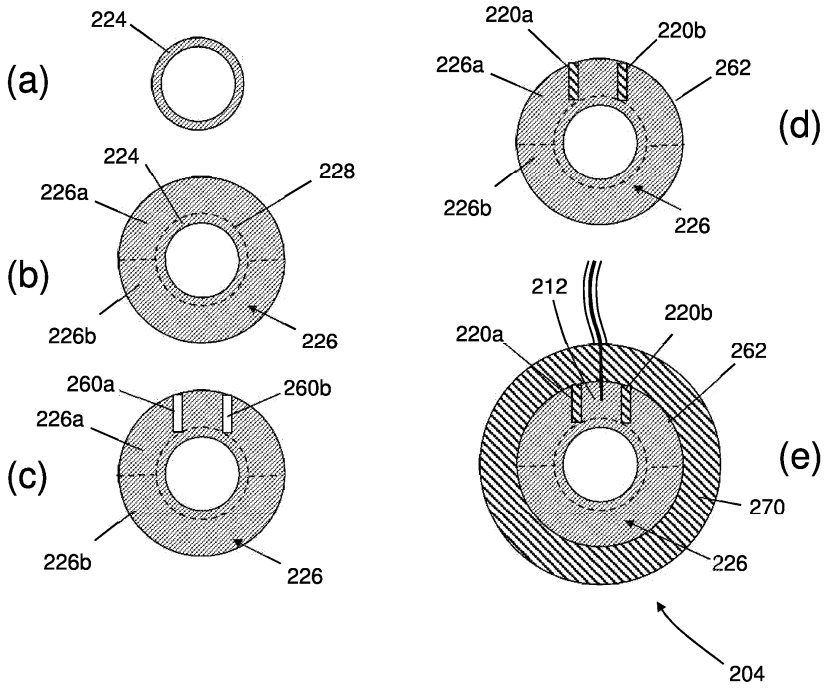
Фиг. 3


124
(a)
124
126a
128
(b)
126b
126
160
126a
(c)
126b
126
120
126a
162
(d)
126b
126
112
120
162
(e)
170
126
104

Фиг. 4


250
220
252
A
210
222
212
226
208
206
270
204
A
(a)
220a
212
220
220b
230
232
224
270
208
206
204
(b)

Фиг. 5


(a)
224
(b)
224
228
226a
226b
226
(c)
260a
260b
226a
226b
226
(d)
220a
220b
226a
262
226b
226
(e)
212
220a
220b
262
270
226
204

Фиг. 6