

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491938 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.10.30

(51) Int. Cl. G01N 22/04 (2006.01)
G01N 33/24 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.01.26

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ВЛАЖНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

(31) 20225076

(72) Изобретатель:

(32) 2022.01.28

Яккула Пекка, Вуолтенахо Микко,
Фиск Веса (FI)

(33) FI

(86) PCT/EP2023/051893

(74) Представитель:

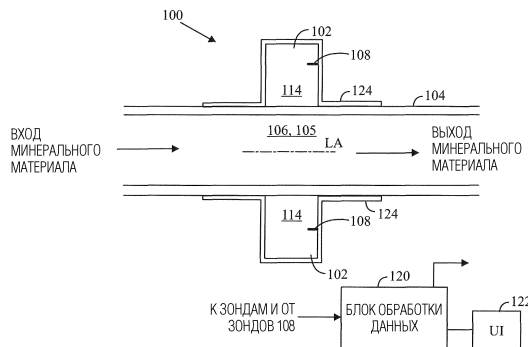
(87) WO 2023/144250 2023.08.03

Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

СЕНФИТ ОЙ (FI)

(57) Устройство для измерения для измерения влажности минерального материала содержит резонатор (100). Относительной проницаемости структуры твердого материала (114) из резонатора (100) придана конфигурация, чтобы она являлась более высокой, чем для полости (106) с минеральным материалом. Резонатор (100) содержит внутри структуры твердого материала (114) аранжировку зондов (108), которая вызывает электромагнитный резонанс резонатора (100) внутри полости (106) в ответ на электрическую энергию, подаваемую через аранжировку зондов (108) в резонатор (100). Структура твердого материала (114) из резонатора (100) и полость (106) вызывают неравномерное распределение магнитного поля резонанса между полостью (106) и структурой твердого материала (114), так что магнитное поле исключают в полости (106), что вызвано более высокой относительной проницаемостью структуры твердого материала (114), чем для полости (106). Полость (106) содержит минеральный материал для измерения влажности. Аранжировка зондов (108) выводит частотную реакцию резонатора (100), подвергнутого воздействию минерального материала, для определения содержания влажности минерального материала.



A1

202491938

202491938

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-581930EA/022

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Область техники

Настоящее изобретение относится к устройству для измерения и к способу измерения для измерения влажности минерального материала.

Уровень техники

Измерение влажности немагнитного минерального материала обычно проводят с использованием радиочастотного электромагнитного излучения. Недостатком этого способа является то, что измерение процента влажности материала зависит от магнитных свойств материала. Однако, относительная магнитная проницаемость и магнитные потери, например, минерала магнетита, являются высокими и изменчивыми. Таким образом, когда электромагнитное излучение радиочастоты проходит через такой образец минерала, измерение влажности не является надежным из-за случайной изменчивости проницаемости и магнитных потерь. Кроме того, измерение влажности является чувствительным к плотности материала, которая также может изменяться случайно. В документе *Study of the Magnetite to maghemite transition using microwave permittivity and permeability*, J. A. Cuenca et al., 16.2.2016, представлено измерение возмущения микроволнового полостного резонатора.

Эти проблемы были идентифицированы, но не существует решения, которое можно использовать для правильного измерения влажности. Существовали попытки преодоления проблемы с использованием вместо этого измерения отражения. Измерение отражения не является точным, поскольку оно является чувствительным к шероховатости поверхности, углу наклона, отражениям из окружения и плотности материала, оно поддается влиянию проницаемости материала, и оно не является репрезентативным (измеряют только поверхностную влажность). Таким образом, улучшение будет приветствоваться.

Краткое описание

Настоящее изобретение нацелено на предоставление улучшения измерений.

Изобретение определено посредством независимых пунктов формулы изобретения. Варианты осуществления определены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Если один или несколько вариантов осуществления считают не попадающим в объем независимых пунктов формулы изобретения, такой вариант осуществления или такие варианты осуществления все еще можно использовать для понимания признаков изобретения.

Список чертежей

Примеры вариантов осуществления настоящего изобретения описаны ниже, только в качестве примера, со ссылкой на сопутствующие чертежи, на которых

На фигуре 1 проиллюстрирован пример устройства для измерения;

На фигуре 2 проиллюстрирован пример структуры твердого материала с аранжировкой зондов;

На фигуре 3 проиллюстрирован пример систем подачи;

На фигуре 4 проиллюстрирован пример локализаций зондов;

На фигуре 5 проиллюстрирован пример подающих зондов;

На фигуре 6 проиллюстрирован пример другого вида резонатора;

На фигуре 7 проиллюстрирован пример частотной реакции резонатора;

На фигуре 8 проиллюстрирован пример блока обработки данных;

На фигуре 9 проиллюстрирован пример повернутого возмущения резонанса; и

На фигуре 10 проиллюстрирован пример блок-схемы способа измерения.

Описание вариантов осуществления

Следующие варианты осуществления представляют собой только примеры. Хотя в настоящем описании могут ссылаться на «вариант осуществления» в нескольких местах, это необязательно означает, что каждая такая ссылка приведена на один и тот же вариант(ы) осуществления, или что признак применим только к одному варианту осуществления.

Термины единственного числа дают общий смысл объектов, структур, компонентов, композиций, операций, функций, соединений или т.п. в настоящем описании. Следует отметить также, что термины единственного числа могут включать термины множественного числа.

Отдельные признаки различных вариантов осуществления можно также комбинировать для получения других вариантов осуществления. Кроме того, слова «содержащий» и «включающий» следует понимать не как ограничивающие описанные варианты осуществления, чтобы они состояли только из тех признаков, которые были упомянуты, и такие варианты осуществления могут также содержать признаки/структуры, которые не были конкретно упомянуты. Все комбинации вариантов осуществления считают возможными, если их комбинация не приводит к структурному или логическому противоречию.

Термин «приблизительно» означает, что количества или любые числовые значения не являются точными и как правило, не должны являться точными. Причиной может являться допуск, разрешение, ошибка измерения, округление или т.п., или тот факт, что признак решения в настоящем описании требует только, чтобы количество или числовое значение было примерно настолько большим. Определенный допуск всегда включен в количества и числовые значения в реальных условиях.

Следует отметить, что, в то время как на фигурах проиллюстрированы различные варианты осуществления, они представляют собой упрощенные схемы, показывающие только некоторые структуры и/или функциональные объекты. Связи, показанные на фигурах, могут относиться к одной или нескольким сходным или различным связям. Специалисту в данной области очевидно, что описанное устройство может также иметь функции и структуры, отличные от описанных на фигурах и в тексте. Следует понимать, что детали некоторых функций, структур и передачи сигналов, используемых для

измерения и/или контроля, не относятся к действительному изобретению. Таким образом, нет необходимости обсуждать их более подробно в настоящем описании.

Доказано, что магнетитовый материал, такой как магнетитовый концентрат и магнетитовая руда, является сложным для измерений предшествующего уровня техники, основанных на стандартной технологии микроволновой передачи. Считают, что причиной сложности является магнитная природа или изменчивая магнитная проницаемость магнетитового материала. Магнитная проницаемость представляет собой степень магнетизации материала для магнитного поля.

Считали также, что микроволновой или радиочастотный сигнал передачи в большой степени поддается влиянию воды внутри руды или магнетитового материала, так же как магнитной проницаемости руды или магнетитового материала. Это представляет собой проблему, поскольку изменения влажности тогда невозможно отличить от изменений магнитной проницаемости.

Известно, что при микроволновой передаче электрическое и магнитное поля находятся в одной и той же фазе. Это означает, что электрические и магнитные свойства материалов оказывают одинаковый эффект на бегущую волну. В резонаторах ситуация отличная. В радиочастотных и микроволновых полостных резонаторах разность фаз между электрическим и магнитным полями составляет $\pi/2$. Это означает, что в участках, где электрическое поле имеет максимум, магнитное поле имеет минимум. Из этого можно заключить, что, если измеряемый образец материала локализован внутри резонатора, в участке, где электрическое поле является сильным, и магнитное поле является слабым, влажность образца можно измерять с использованием электрического поля, так что результат влажности совсем не зависит от магнитных свойств материала образца, или зависимость является ограниченной и приемлемой, что позволяет надежное измерение влажности.

Относительная плотность магнетита составляет приблизительно 5, что означает, что объем магнетита имеет массу приблизительно в 5 раз больше, чем такой же объем воды (относительная плотность воды составляет 1). Содержание влажности магнетитового материала, который является примером минерального материала, составляет, как правило, от приблизительно 0% до приблизительно 10% по массе во многих процессах, что означает от приблизительно 0% до приблизительно 35% по объему. Термин минеральный материал относится к минеральному концентрату, который является ценной частью минерального материала, или к пустой породе, которая является неценимой частью минерального материала. Пустую породу можно называть также отвал или сток. Можно измерять любой магнитный материал, поскольку такой материал основан на минеральном материале.

Обычно измерения с использованием микроволнового резонатора используют при содержании воды ниже 30% по объему на предшествующем уровне техники. Это означает, что специальная аранжировка резонатора является необходимой для измерения минерального материала. Для проведения измерения, магнитное поле следует исключить или довести до минимума в измеряемом объеме. Одновременно, обеспечивает

преимущество, если сила электрического поля уменьшена в измеряемом объеме, и измеряемый объем внутри резонатора является относительно небольшим, по сравнению с общим объемом структуры резонатора. Таким образом, измерение является адекватным для высокого содержания воды и для других минеральных материалов, даже более плотных, чем магнетит, также.

Известно, что электрические свойства магнитных материалов можно измерять посредством использования резонатора с круглым волноводом с режимом TM_{010} , где магнитное поле составляет нуль в середине резонатора. Недостатком этого способа является то, что объем, где магнитное поле составляет нуль, является очень маленьким и не может быть использован для измерения больших объемов материала, как это необходимо в промышленных измерениях. Этот вид измерения представлен в *Study of the Magnetite to maghemite transition using microwave permittivity and permeability measurements*, Jerome Alexander Cuenca, Keith Bugler, Stuart Taylor, David Morgan, Paul Williams, Johann Bauer and Adrian Porch, *Journal of Physics: Condensed Matter*, Volume 28, Number 10, 16 February 2016.

Решением этой проблемы является увеличение объема нулевого магнитного поля посредством частичного заполнения резонатора материалом с высокой проницаемостью. Этот способ имеет два эффекта: во-первых, сила электрического поля выше внутри части с высокой проницаемостью и ниже в центре резонатора, где локализован подвергаемый измерению материал. Во-вторых, объем нулевого магнитного поля увеличивается. В настоящем описании, значение нуль означает, что значение представляет собой нуль или по меньшей мере приблизительно нуль. То, что значение составляет по меньшей мере приблизительно нуль, относится к значению, которое соответствует, в пределах допуска или разрешения измерения, нулю, т.е., оно не нарушает измерение значительно, но вместо этого, надежного результата можно достигать в результате измерения.

На фиг. 1 проиллюстрирован пример устройства для измерения, для измерения влажности минерального материала, наблюдаемого с такой стороны, что продольная ось LA трубы 104 проходит слева направо. На фиг. 2 проиллюстрирован пример устройства для измерения, наблюдаемого в направлении продольной оси LA трубы 104. Устройство для измерения содержит резонатор 100. Резонатор 100 локализован вокруг трубы 104. Поперечный разрез резонатора 100 ограничен областью и содержит область структуры твердого материала 114 между внутренней окружностью 110 и наружной окружностью 112. Альтернативно, резонатор 100 может иметь две части, обращенные друг к другу, на противоположных сторонах трубы 104 (подобно тому, как они на вид находятся на фиг. 1; см. также фиг. 6).

Внутренняя и наружная окружности 110, 112 имеют расстояние между ними, заполненное твердым материалом. Полость 106 устройства для измерения, которая включает объем, где происходит взаимодействие между электромагнитным излучением и образцом минерального материала, находится внутри внутренней окружности 110.

Относительная проницаемость структуры твердого материала 114 из резонатора 100 между внутренней окружностью 110 и наружной окружностью 112 выше, чем

относительная проницаемость полости 106 с минеральным материалом. Обычно, диапазон относительной проницаемости минерального материала известен заранее, на основании различных химических анализов минералов. Таким образом, просто выбирать твердый материал для резонатора 100. С другой стороны, если оценка относительной проницаемости минерального материала неизвестна, относительную проницаемость структуры твердого материала 114 можно выбирать настолько высокой, насколько возможно. Затем можно проводить тестовые запуски. В одном варианте осуществления, твердый материал из структуры твердого материала 114 может содержать диоксид циркония ZrO_2 . Относительная проницаемость диоксида циркония составляет приблизительно 30, в то время как относительная проницаемость магнетита составляет приблизительно 5,2, при измерении с использованием частоты приблизительно 2,5 ГГц.

Резонатор 100 содержит, внутри структуры твердого материала 114, аранжировку зондов 108, которой придана конфигурация, чтобы вызывать электромагнитный резонанс резонатора 100 внутри полости 106 в ответ на электрическую энергию, подаваемую через аранжировку зондов 108 в резонатор 100. На фиг. 2, зонды могут представлять собой коаксиальные зонды. Каждый из зондов 300, 302, 304, 310, 312 (см. фиг. 4, 5) можно считать содержащим электрический проводник, вставленный внутри или вблизи структуры твердого материала 114. Резонатор 100 можно, как правило, возбуждать посредством нескольких способов, например, посредством петли или отверстия, которые, собственно, известны специалисту в данной области. Поскольку твердый материал заполняет волновод или резонансную полость резонатора 100 частично, зонды и внешнюю электрическую цепь, такую как блок обработки данных 120, соединяют таким образом, что электрическую энергию можно подавать в резонатор 100, и можно измерять частотную реакцию резонатора 100.

Структуре твердого материала 114 из резонатора 100 и полости 106 придана конфигурация, чтобы вызывать неравномерное распределение резонирующего магнитного поля электромагнитного поля между полостью 106 и структурой твердого материала 114. В результате, полость 106 имеет более низкую проницаемость, чем структура твердого материала 114 из резонатора 100. Структура твердого материала 114 имеет более высокую проницаемость, чем полость 106. Магнитное поле исключают в полости 106. Магнитное поле имеет нулевое поле в середине полости 106, и высокая проницаемость материала 114 увеличивает эффективный размер резонатора и делает объем магнитного нуля больше. Таким образом, это различие этих относительных проницаемостей вынуждает магнитное поле являться в основном локализованным внутри структуры твердого материала 114 из резонатора 100 и относительно более сопротивляющимся нахождению внутри полости 106. Большая часть полости 106 представляет собой, как правило, воздух, и структура твердого материала 114 в основном содержит материал высокой относительной проницаемости. Стенки полости 106 изготовлены из твердого материала низкой относительной проницаемости. Диапазон относительной проницаемости стенок полости 106 может

составлять, например, 2-10. Проницаемость представляет собой способность материала позволять магнитному полю проходить через него.

Электрическое поле имеет обычно свой максимум в центре резонатора. Однако, посредством помещения материала более высокой проницаемости подходящим образом вне центра резонатора, электрическое поле можно частично сдвигать в направлении более высокой проницаемости, и по этой причине, электрическое поле ослабевает в объеме в центре резонатора и поблизости от него. На основании этого, процент влажности разнообразного множества материалов, включая те, которые обычно проблематично измерять, можно измерять посредством их помещения в низкое электрическое поле в центре резонатора 100.

Таким образом, измерение содержания влажности минерального материала внутри полости 114, в основном, основано на электрическом поле, чтобы избежать проблем, связанных с магнитными свойствами минерального материала.

Во время измерения влажности, полость 106 содержит минеральный материал. Измерение минерального материала может представлять собой периодический процесс или непрерывный поточный процесс. В периодическом процессе, полость 106 может действовать в качестве измерительной камеры, и стадии измерения могут включать заполнение измерительной камеры минеральным материалом, полностью или частично, проведение измерения и опустошение измерительной камеры. Затем можно проводить новое измерение, начиная с заполнения измерительной камеры.

При непрерывном поточном измерении, минеральный материал проходит через полость 106 непрерывно, и измерения проводят непрерывно или с повторениями. Повторяющиеся измерения можно проводить регулярно или нерегулярно.

На фиг. 3 проиллюстрирован пример варианта осуществления, где устройство для измерения содержит две системы подачи образцов 200, 202. Первая система подачи образцов 200 подает минеральный материал к второй системе подачи образцов 202 при первой объемной скорости потока, и вторая система подачи образцов 202 подает минеральный материал к полости и через полость 106 резонатора 100 при второй объемной скорости потока. Объемная скорость потока определяет объем минерального материала, который проходит полость 106 в единицу времени. Вторая объемная скорость может быть больше, чем первая объемная скорость потока. Различие объемных скоростей, т.е., скоростей потока, вынуждает количество минерального материала в единицу времени увеличиваться, относительно количества для первой системы подачи 200.

Объемную скорость потока можно также сохранять постоянной, если объем системы подачи 202 больше, чем объем системы подачи 200. Таким образом, подвижная часть систем подачи 200, 202 может являться одинаковой, но внутренний объем неподвижных частей, т.е., диаметр или квадратный корень площади поперечного сечения трубы 104, может отличаться, так что диаметр или квадратный корень площади поперечного сечения больше внутри резонатора 100, чем снаружи резонатора 100. Однако, как объемная скорость потока, так и диаметр или квадратный корень площади поперечного сечения,

могут быть больше внутри резонатора 100, чем снаружи резонатора 100. На фиг. 3 проиллюстрирована большая как площадь поперечного сечения трубы 104, так и объемная скорость внутри резонатора 100, чем снаружи резонатора 100.

Когда полость 106 не полностью заполнена минеральным материалом, средняя относительная проницаемость полости 106 остается более низкой, чем для структуры твердого материала 114. Этот признак позволяет измерение материалов высокой относительной проницаемости. То есть, проницаемость минерального материала отдельно может даже являться более высокой, чем для структуры твердого материала 114, но среднее для полости 106 все еще остается более низким. Это вынуждает магнитное поле находиться в основном внутри структуры твердого материала 114 и позволяет правильное измерение процента влажности минерального материала. Это также вынуждает электрическое поле находиться в основном внутри полости 106, чтобы позволять правильное измерение процента влажности минерального материала, на основании электрического поля.

Первая система подачи 200 может представлять собой винтовой питатель, шнековый питатель, конвейерную ленту, любую комбинацию этого или т.п. Вторая система подачи 202 может представлять собой винтовой питатель, шнековый питатель, конвейерную ленту, любую комбинацию этого или т.п., изготовленные из электрически непроводящего материала. В случае винтовых питателей, первая и вторая системы подачи 200, 202 могут иметь общий вал, так что обе вращаются с одинаковой скоростью вращения. Однако, из-за большего диаметра второй системы подачи 202, чем первой системы подачи 200, вторая система подачи 202 имеет большую объемную скорость потока, чем у первой системы подачи 200. Другим решением является то, что первая и вторая системы подачи 200, 202 имеют различные скорости вращения.

Аранжировка зондов 108 доставляет или выводит информацию о частотной реакции резонатора 100. Частотная реакция может включать резонансную частоту или диапазон резонансной частоты. Диапазон резонансной частоты может включать полную ширину на половине максимума (FWHM) или соответствующую ширину, связанную с резонансной частотой (см. пример FWHM на фиг. 7).

Частотная реакция может включать уровень сигнала при резонансной частоте или в диапазоне частоты (см. фиг. 7). Уровень может относиться к амплитуде или мощности сигнала. Уровень резонанса, вызванного минеральным материалом, можно измерять относительно результата, измеренного без минерального материала, т.е., без какого-либо образца. Альтернативно или дополнительно, эталон может представлять собой измерение с использованием известного и/или предварительно определенного образца.

Частотная реакция может включать значение Q резонанса. Значение Q относится к фактору качества, описывающему, насколько слабозатухающими или затухающими являются колебания в резонаторе. Специалисту в данной области знакомо значение Q , по существу.

Эти параметры (резонансная частота, уровень, значение Q) поддаются влиянию влажности минерального материала, который находится внутри полости 106 для

определения содержания влажности минерального материала. Фон можно также принимать во внимание (см. пример фона на фиг. 7). В одном варианте осуществления, посредством измерения двух параметров резонатора, можно определять компенсацию плотности минерального материала. А именно, если плотность минерального материала изменяется, это также влияет на измерение, но эффект, вызванный изменчивостью плотности, можно исключать с использованием измерения двух параметров. Такие результаты измерения можно представлять с использованием парных уравнений, имеющих две переменных: плотность и влажность. Благодаря паре уравнений, обе или любую из переменных можно находить. Если плотность измеряемого материала является по меньшей мере приблизительно постоянной, также один параметр является достаточным и подходящим для измерения влажности минерального материала.

Плотность можно также компенсировать посредством измерения массы измеряемого минерального материала. Измерение массы может являться непрерывным или последовательным выборочным.

В одном варианте осуществления, оптимальная рабочая частота устройства для измерения может лежать в диапазоне от приблизительно 100 МГц до 1 ГГц. При более низких частотах, могут возникать эффекты возмущения электропроводности, и при более высоких частотах, размер резонатора может являться непрактично малым.

В одном варианте осуществления, относительная проницаемость структуры твердого материала 114 может лежать в диапазоне 20-100. В этом варианте осуществления, проницаемость измеряемого минерального материала ниже, чем проницаемость структуры твердого материала 114.

Устройство для измерения может также содержать блок обработки данных 120, который определяет содержание влажности минерального материала, на основании частотной реакции, которая может также включать уровень сигнала резонатора 100, доставляемого посредством аранжировки зондов 108. Блок обработки данных 120 может также подавать электрическую энергию к резонатору 100 посредством аранжировки зондов 108. Во время измерения минерального материала, полость 106 включает минеральный материал, который влияет на частотную реакцию резонатора 100.

В одном варианте осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 8, блок обработки данных 120 может содержать один или несколько процессоров 700 и один или несколько блоков памяти 702, включающих компьютерный программный код. Одному или нескольким блокам памяти 702 и компьютерному программному коду придана конфигурация, чтобы, с использованием одного или нескольких процессоров 700, вынуждать блок обработки данных по меньшей мере определять содержание влажности минерального материала, на основании частотной реакции резонатора 100, подвергнутого воздействию минерального материала.

В одном варианте осуществления, устройству для измерения придана конфигурация, чтобы измерять минеральный материал, содержащий ферромагнитные и/или ферримагнитные материалы. Альтернативно или дополнительно, измерение можно также

проводить, когда материал включает материалы, которые являются парамагнитными и/или диамагнитными.

В одном варианте осуществления, устройство для измерения может измерять минеральный материал, содержащий магнетит и/или гематит.

В одном варианте осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 4, аранжировка зондов 108 может содержать второй соединительный зонд 302, локализованный в положении d , α в полярной системе координат, где d находится на радиальном расстоянии от продольной оси LA резонатора 100 первого подающего зонда 300, и угол α составляет $\pi/2$ между первым зондом 300 и вторым зондом 302. Расстояние d для зонда 302 может отличаться от расстояния для зонда 300.

В одном варианте осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 5, второй подающий зонд 310 можно питать в одинаковой фазе с первым зондом 312. Таким способом, возмущение резонанса 402 можно исключать, поскольку его электрическое поле имеет противоположное электрическое поле в положениях подающих зондов 310 и 312. Зонд 304 представляет собой принимающий зонд. Резонанс 402 происходит на частоте, отличной от измеренной резонансной частоты 400 (см. фиг. 7).

На фиг. 6 проиллюстрирован пример резонатора, имеющего цилиндр из структуры твердого материала 114, содержащий материал с высокой относительной проницаемостью на трубе 104, через которую проходит минеральный материал. В этом примере, труба 104 не находится в середине отверстия цилиндра из твердого материала 114, но вместо этого, цилиндры из твердого материала 114 находятся на противоположных сторонах трубы 104. В этом варианте осуществления, подобно также варианту осуществления, проиллюстрированному на фиг. 1, электрическое поле и магнитное поле являются сильными внутри твердого материала 114. Магнитное поле составляет нуль, с практической точки зрения, внутри трубы 104, что позволяет измерения также магнитных материалов. Электрическое поле является более слабым внутри трубы 104, чем внутри твердого материала 114.

На фиг. 7 проиллюстрированы примеры частотных реакций резонатора 100. Кривая 404 иллюстрирует пример пустого резонатора 100, т.е., измерения без минерального материала. Аранжировка зондов 108 включает зонды на противоположных сторонах продольной оси LA резонатора 100. Зонды из аранжировки зондов 108 могут представлять собой, например, монополи, петли или отверстия, без ограничения этим. В дополнение к измерению резонанса 404 резонатора 100, можно ясно видеть возмущение резонанса 402. Измерение резонанса в этом примере представляет собой TM_{010} . Возмущение резонанса в этом примере представляет собой TM_{210} . Третий резонанс в этом примере на правой стороне фиг. 7 представляет собой TM_{410} . Кривая 406 представляет собой измерение минерального материала. Также в этом случае можно видеть измерение резонанса 400, но также присутствует возмущение резонанса 402.

В одном варианте осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 5, аранжировка зондов 108 может содержать пару подающих зондов 310, 312,

локализованную в положении $1, \beta$ в полярной системе координат, где 1 находится на радиальном расстоянии от продольной оси LA резонатора 100, и угол β составляет π между парой соединительных зондов 310, 312. Устройству для измерения придана конфигурация для подачи на пару соединительных зондов 310, 312 сигнала, который имеет одинаковую фазу для обоих из них, чтобы исключить возмущение резонанса 402 на частоте, отличной от измеряемой резонансной частоты 400. Зонд 304 представляет собой принимающий зонд. Кривая 408 на фиг. 7 иллюстрирует пример частотной реакции влажного материала из этого варианта осуществления, и возмущение резонанса 402 почти исчезает, и можно измерять значение Q для резонансной частоты 400.

Следует также отметить, что эффект возмущения резонанса 402 можно, альтернативно или дополнительно, исключать или уменьшать посредством двух систем подачи образцов 200, 202. Различие объемных скоростей, т.е., скоростей потока, вынуждает количество минерального материала в единицу времени в полости 106 уменьшаться, относительно соответствующего объема, подаваемого посредством первой системы подачи 200. Когда полость 106 не полностью заполнена минеральным материалом, средняя относительная проницаемость полости 106 остается более низкой, чем для структуры твердого материала 114, даже когда относительная проницаемость минерального материала отдельно является более высокой, чем для структуры твердого материала 114. Этот признак позволяет измерение материалов с высокой относительной проницаемостью и уменьшает эффект возмущения резонанса 402. Альтернативно, зонд 304 может представлять собой подающий зонд, и прием осуществляют посредством зондов 310 и 312.

В одном варианте осуществления, примеры которого проиллюстрированы на фиг. 1-5, структура твердого материала 114 может представлять собой пластину, имеющую отверстие 105 насквозь пластины. Отверстие 105 локализовано внутри наружной окружности 112, и отверстие 105 содержит полость 106. Устройство для измерения может тогда содержать трубу 104, закрепленную внутри отверстия 105. Труба 104 может проходить через отверстие 105. В этом варианте осуществления, поверхность полости 106 представляет собой поверхность трубы 104. Альтернативно, труба 104 может содержать две части. Один конец одной части трубы 104 может быть фиксирован концентрически и, потенциально, коаксиально с одной стороны отверстия 105, и один конец другой части трубы 104 может быть фиксирован концентрически и, потенциально, коаксиально с другой стороны отверстия 105. В этом варианте осуществления, поверхность полости 106 представляет собой поверхность структуры твердого материала 114.

Труба 104 может позволять прохождение минерального материала через устройство для измерения и через полость 106.

В одном варианте осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 3, устройство для измерения может содержать слой 124 электрически проводящего материала на структуре твердого материала 114 и на трубе 104 для защиты измерения от возмущающего электромагнитного излучения из внешней среды и/или предотвращения утечки излучения из резонатора 100.

На фиг. 9 проиллюстрирован пример повернутого электрического поля 800 в полости 106, которое может возникать. В этом случае, для резонатора 100 осуществляют подачу посредством зонда 312, и прием посредством зонда 302 в локализации, где находится минимум электрического поля резонанса 402 (специалист в данной области может легко определять локализацию минимума электрического поля резонанса теоретически, на основании моделирования и/или на основании теста). Повернутое электрическое поле 800 может вызывать возмущение резонанса, показанное на фиг. 7. Этот вид возмущения резонанса 402 может быть исключен или уменьшен посредством пары соединительных зондов 310, 312, на которые подают сигнал одинаковой фазы для обоих из них.

Этот вид структуры устройства для измерения решает проблемы, связанные с измерением магнетита и немагнитного материала с высокой плотностью. Объясняя упрощенным образом, магнитное поле равно нулю или близко к нему в широком объеме внутри резонатора. То есть, сила магнитного поля в полости 106 является низкой. Сила электрического поля составляет нуль или приблизительно нуль на наружной стороне структуры твердого материала 114. Эффективный измеряемый объем, т.е., размер полости 106, является небольшим, по сравнению с общим эффективным объемом всей структуры резонатора, которая включает структуру твердого материала 114 и полость 106. Физический диаметр устройства для измерения может составлять, например, приблизительно 200 мм, и эффективный диаметр, например, приблизительно 1 м. Этот размер позволяет представляемое измерение также в промышленных применениях.

В одном варианте осуществления, по меньшей мере часть частиц, подвергаемых измерению с использованием устройства для измерения, могут быть больше, чем приблизительно 0,1 мм, и меньше, чем приблизительно 5 мм. В одном варианте осуществления, по меньшей мере часть частиц, подвергаемых измерению с использованием устройства для измерения, могут быть больше, чем приблизительно 1 мм, и меньше, чем приблизительно 5 мм. В одном варианте осуществления, по меньшей мере часть частиц, подвергаемых измерению с использованием устройства для измерения, могут быть больше, чем приблизительно 2 мм, и меньше, чем приблизительно 5 мм. В одном варианте осуществления, поток минерального материала через резонатор 100 устройства для измерения может составлять от приблизительно 10 кг до приблизительно 50 кг в минуту.

Фиг. 10 представляет собой блок-схему способа измерения. На стадии 900, электрическую энергию подают в резонатор 100 устройства для измерения посредством аранжировки зондов 108, которая локализована внутри структуры твердого материала 114 и вызывает электромагнитный резонанс внутри полости 106 резонатора 100 в ответ на электрическую энергию, где полость 106 устройства для измерения ограничена структурой твердого материала 114, и относительная проницаемость структуры твердого материала 114 из резонатора 100 выше, чем для измеряемого минерального материала.

На стадии 902, неравномерное распределение магнитного поля резонанса между полостью 106 и структурой твердого материала 114 вызывают посредством структуры

твёрдого материала 114 из резонатора 100 и полости 106, и магнитное поле в полости 106 исключают, получая в результате распределение, где магнитное поле в основном локализовано внутри структуры твёрдого материала 114 из резонатора 100 и меньше внутри полости 106.

На стадии 904, частотную реакцию резонатора 100, подвергаемого воздействию минерального материала внутри полости 106, выводят, посредством аранжировки зондов 108, для определения содержания влажности минерального материала.

На необязательной стадии 906, определяют компенсированное по плотности содержание влажности минерального материала, на основании по меньшей мере двух из следующих частотных реакций: резонансной частоты резонатора 100, значения Q резонанса и уровня сигнала резонанса.

Способ, показанный на фиг. 10, можно воплощать в форме решения логической схемы или компьютерной программы. Компьютерную программу можно помещать на средства для распространения компьютерной программы для ее распространения. Средство для распространения компьютерной программы поддается считыванию посредством устройства для обработки данных, и оно кодирует команды компьютерной программы, проводит измерения и, необязательно, контролирует процессы на основании измерений.

Компьютерную программу можно распространять с использованием среды для распространения, которая может представлять собой любую среду, поддающуюся считыванию посредством контроллера. Среда может представлять собой среду для хранения программы, память, пакет для распространения программного обеспечения или сжатый пакет программного обеспечения. В некоторых случаях, распространение можно осуществлять с использованием по меньшей мере одного из следующего: сигнала коммуникации ближнего поля, сигнала связи на коротком расстоянии и телекоммуникационного сигнала.

Специалисту в данной области очевидно, что, по мере усовершенствования технологии, изобретательский замысел можно осуществлять различными способами. Настоящее изобретение и варианты его осуществления не являются ограниченными примером вариантов осуществления, описанным выше, но могут быть изменены в рамках объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для измерения, для измерения влажности минерального материала, и устройство для измерения содержит резонатор (100), отличающийся тем, что

относительной проницаемости структуры твердого материала (114) из резонатора (100) придана конфигурация, чтобы она являлась более высокой, чем для полости (106) с минеральным материалом;

резонатор (100) содержит, внутри структуры твердого материала (114), аранжировку зондов (108), которой придана конфигурация, чтобы вызывать электромагнитный резонанс резонатора (100) внутри полости (106) в ответ на электрическую энергию, подаваемую через аранжировку зондов (108) в резонатор (100);

структуре твердого материала (114) из резонатора (100) и полости (106) придана конфигурация, чтобы вызывать неравномерное распределение магнитного поля резонанса между полостью (106) и структурой твердого материала (114), так что магнитное поле исключают в полости (106), что вызвано более высокой относительной проницаемостью структуры твердого материала 114, чем для полости (106);

полости (106) придана конфигурация, чтобы содержать минеральный материал для измерения влажности; и

аранжировке зондов (108) придана конфигурация для вывода частотной реакции резонатора (100), подвергаемого воздействию минерального материала, для определения содержания влажности минерального материала.

2. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что структура твердого материала (114) из резонатора (100) содержит диоксид циркония ZrO_2 .

3. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что относительная проницаемость структуры твердого материала (114) лежит в диапазоне 20-100.

4. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что устройство для измерения содержит блок обработки данных (120), которому придана конфигурация для определения компенсированного по плотности содержания влажности минерального материала, на основании частотной реакции резонатора (100), подвергаемого воздействию минерального материала.

5. Устройство для измерения по п.4, отличающееся тем, что блоку обработки данных (120) придана конфигурация для определения компенсированного по плотности содержания влажности минерального материала, на основании по меньшей мере двух из следующих частотных реакций: резонансной частоты резонатора (100), значения Q резонанса и уровня сигнала резонанса.

6. Устройство для измерения по п.4, отличающееся тем, что

блок обработки данных (120) содержит один или несколько процессоров (700); и один или несколько блоков памяти (702), включающих компьютерный программный код;

одному или нескольким блокам памяти (702) и компьютерному программному коду придана конфигурация, чтобы, с использованием одного или нескольких процессоров (700), вынуждать блок обработки данных (120) по меньшей мере:

определять содержание влажности минерального материала, на основании частотной реакции резонатора (100), подвергаемого воздействию минерального материала.

7. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что устройство для измерения содержит две системы подачи образцов (200, 202), первой системе подачи образцов (200) из которых придана конфигурация для подачи минерального материала к второй системе подачи образцов (202) при первой объемной скорости потока, и второй системе подачи образцов (202) придана конфигурация для подачи минерального материала к полости и через полость (106) резонатора (100) при второй объемной скорости потока, которая больше, чем первая объемная скорость потока.

8. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что устройству для измерения придана конфигурация для измерения минерального материала, который содержит ферромагнитные и/или ферримагнитные материалы.

9. Устройство для измерения по п.1 или 8, отличающееся тем, что устройству для измерения придана конфигурация для измерения минерального материала, который содержит магнетит и/или гематит.

10. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что аранжировка зондов (108) содержит второй соединительный зонд (302), локализованный в положении (d, α), где d находится на радиальном расстоянии от продольной оси (LA) резонатора (100) первого соединительного зонда (300), и угол α составляет $\pi/2$ между первым зондом (300) и вторым зондом (302).

11. Устройство для измерения по п.10, отличающееся тем, что второй зонд (302) находится в области нуля возмущения резонанса (402) в резонаторе (100), чтобы исключить возмущение резонанса (402) на частоте, отличной от измеряемой резонансной частоты (400).

12. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что аранжировка зондов (108) содержит пару соединительных зондов (310, 312), локализованную в положении (l, β), где l находится на радиальном расстоянии от продольной оси резонатора (100) для пары соединительных зондов (310, 312), и угол β составляет π между парой соединительных зондов (310, 312), и устройству для измерения придана конфигурация для подачи на пару соединительных зондов (310, 312) сигнала, который имеет одинаковую фазу для обоих из них, чтобы исключить возмущение резонанса (402) на частоте, отличной от измеряемой резонансной частоты (400).

13. Устройство для измерения по п.1, отличающееся тем, что структура твердого материала (114) представляет собой пластину, имеющую отверстие (105) насквозь нее, где отверстие (105) локализовано внутри наружной окружности (112), и отверстие (105) содержит полость (106);

устройство для измерения содержит трубу (104), прикрепленную к отверстию (105), где трубе (104) придана конфигурация, чтобы позволять прохождение минерального материала через устройство для измерения;

устройство для измерения содержит слой (124) электрически проводящего материала на пластине из структуры твердого материала (114) и на трубе (104).

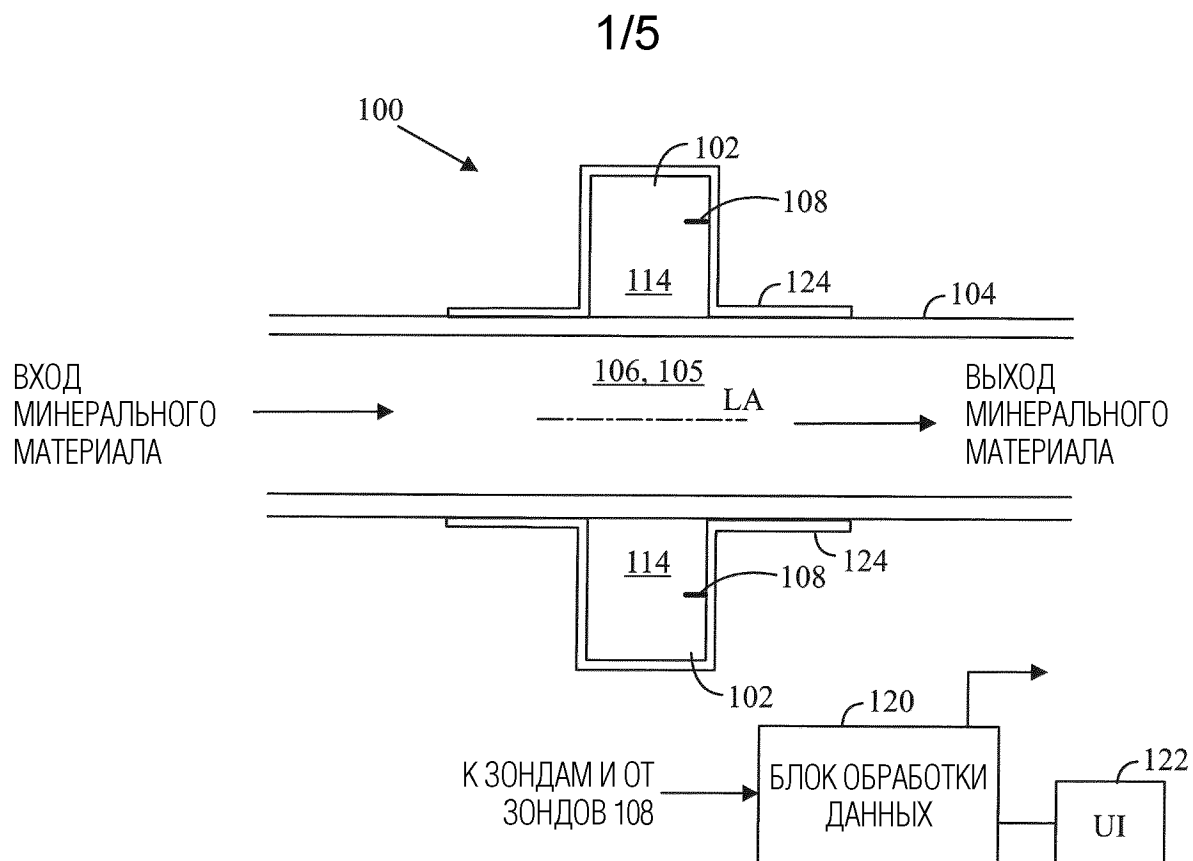
14. Способ измерения для измерения влажности минерального материала, включающий

подачу (900) электрической энергии в резонатор (100) устройства для измерения посредством аранжировки зондов (108), отличающейся тем, что аранжировка зондов (108) локализована внутри структуры твердого материала (114) и вызывает электромагнитный резонанс внутри полости (106) резонатора (100) в ответ на электрическую энергию, подаваемую к ней, где полость 106 устройства для измерения ограничена структурой твердого материала 114, и относительная проницаемость структуры твердого материала (114) из резонатора (100) выше, чем для полости (106) с минеральным материалом;

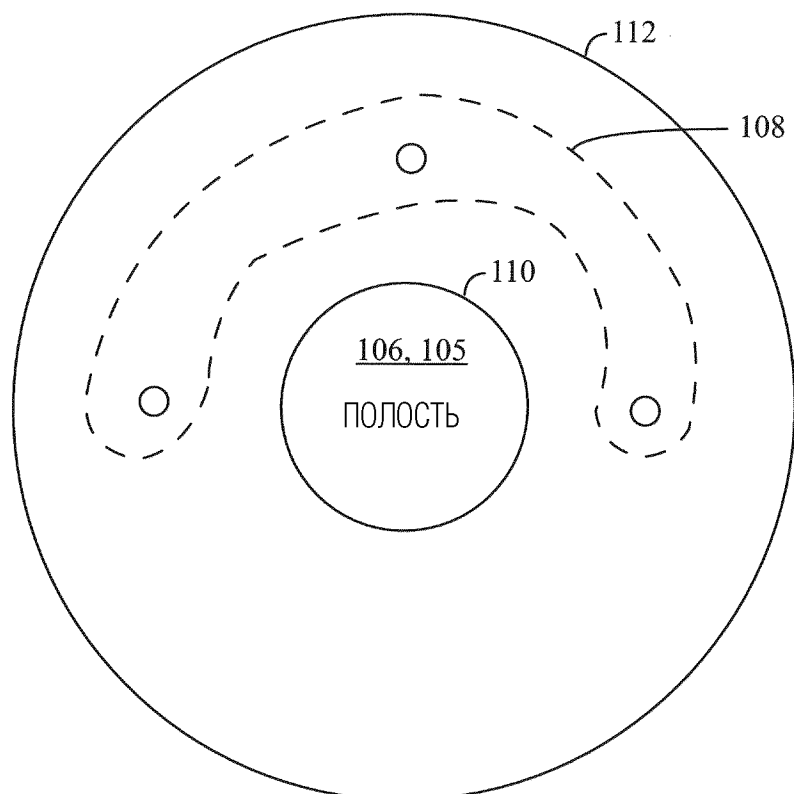
вызов (902), посредством структуры твердого материала (114) из резонатора (100) и полости (106), неравномерного распределения магнитного поля резонанса между полостью (106) и структурой твердого материала (114), и исключение магнитного поля в полости (106), с получением в результате распределения, где магнитное поле в основном локализовано внутри структуры твердого материала (114) из резонатора (100) и меньше внутри полости (106);

вывод (904), посредством аранжировки зондов (108), частотной реакции резонатора (100), подвергаемого воздействию минерального материала внутри полости (106), для определения содержания влажности минерального материала.

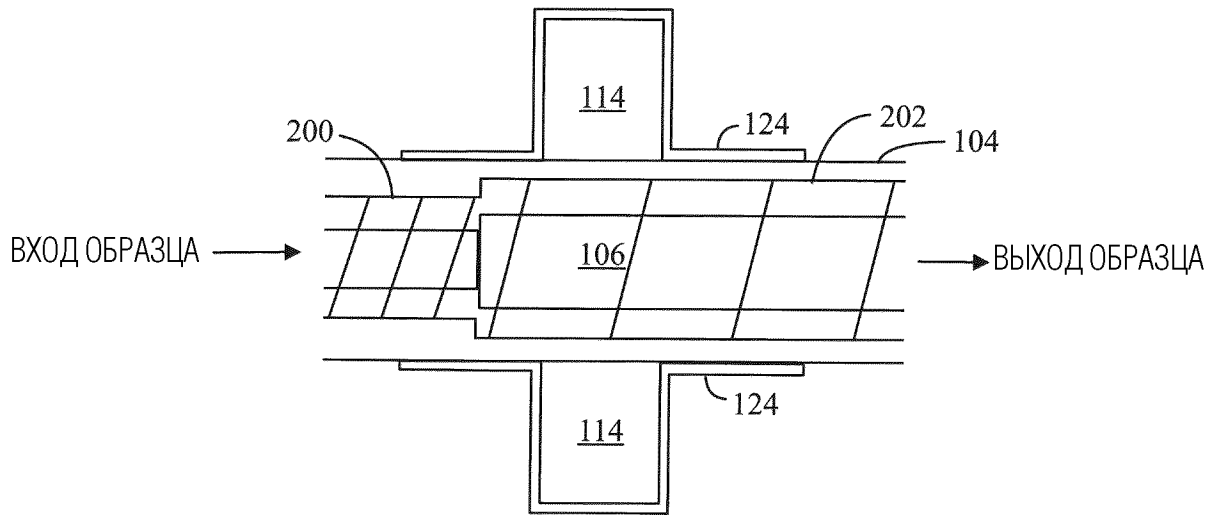
15. Способ измерения по п.14, отличающийся определением (906) компенсированного по плотности содержания влажности минерального материала, на основании по меньшей мере двух из следующих частотных реакций: резонансной частоты резонатора (100), значения Q резонанса и уровня сигнала резонанса.



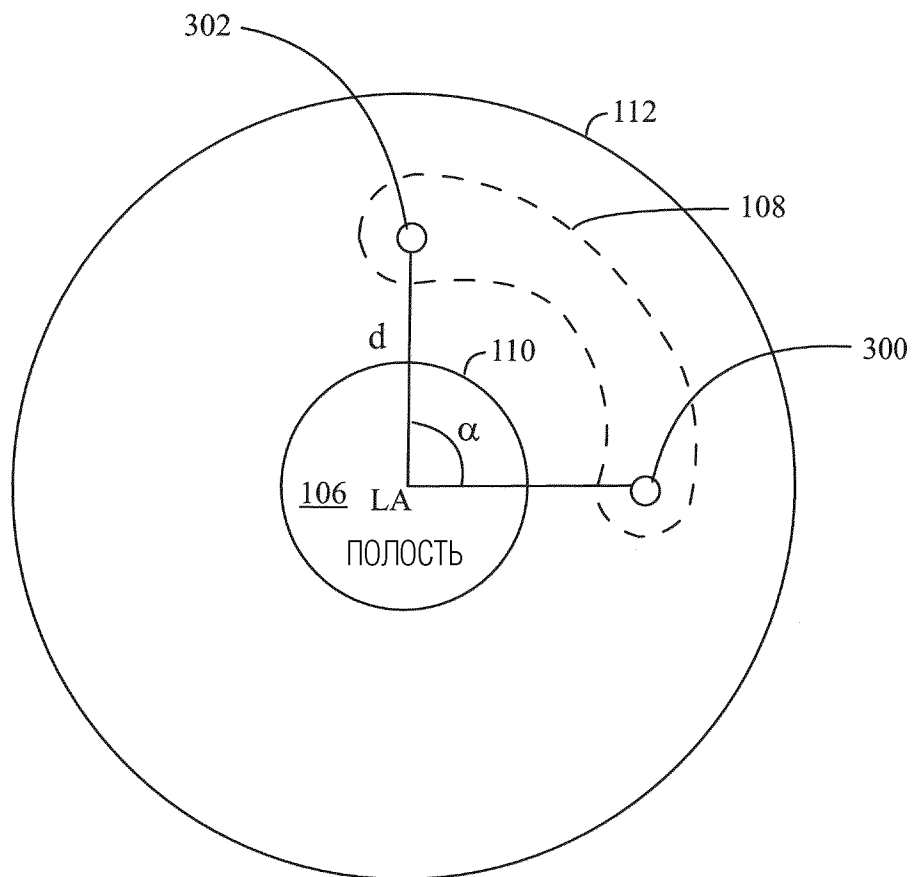
ФИГ. 1



ФИГ. 2

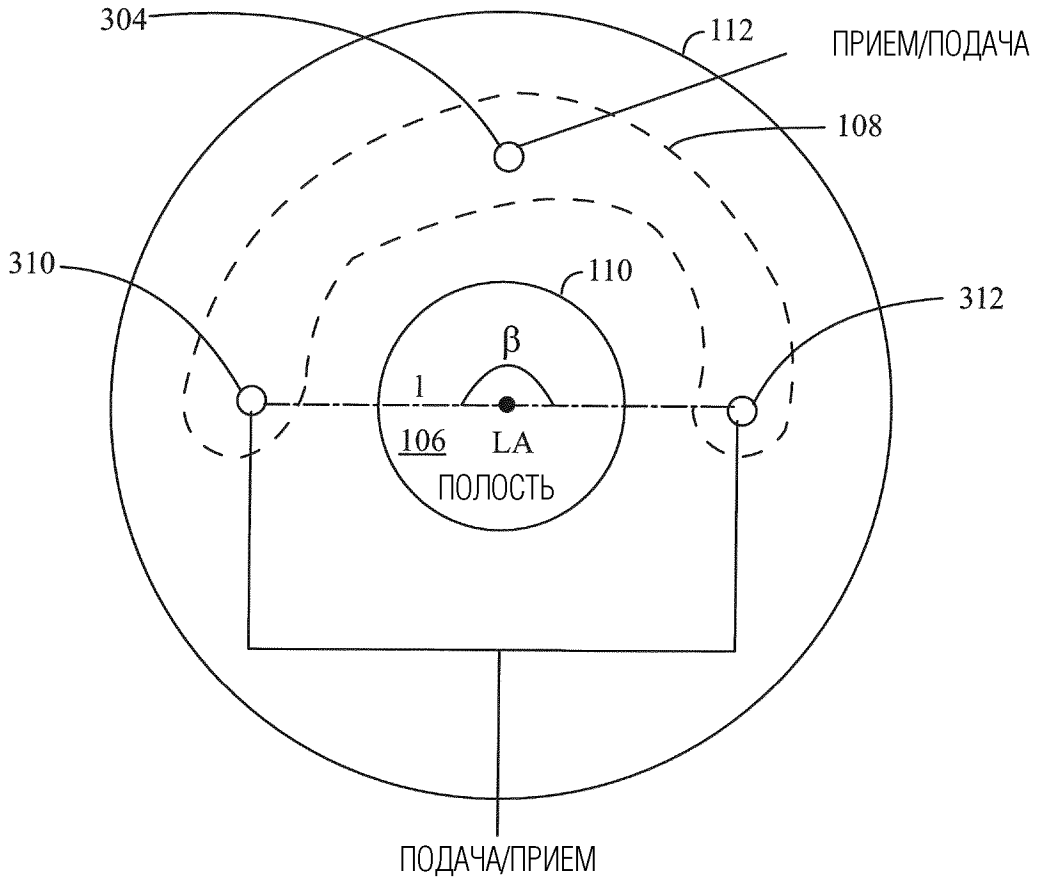


ФИГ. 3

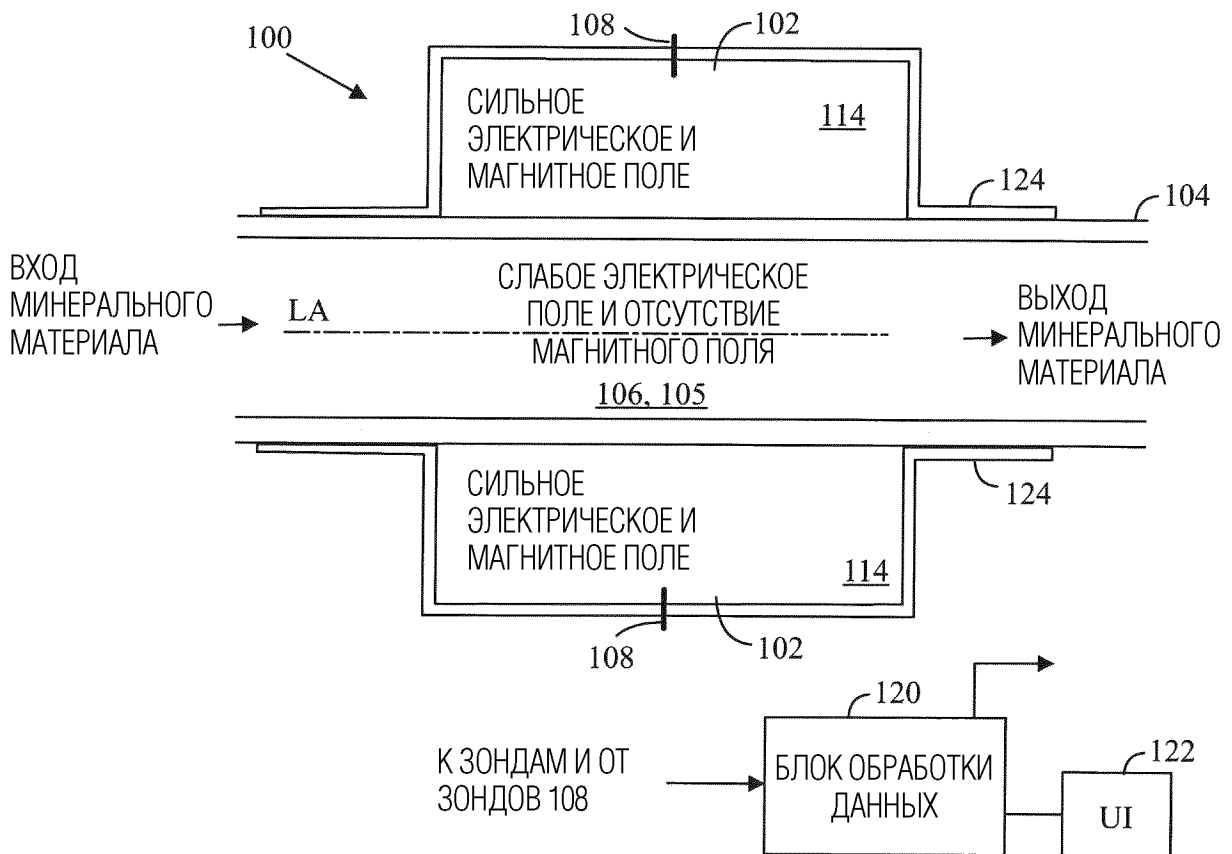


ФИГ. 4

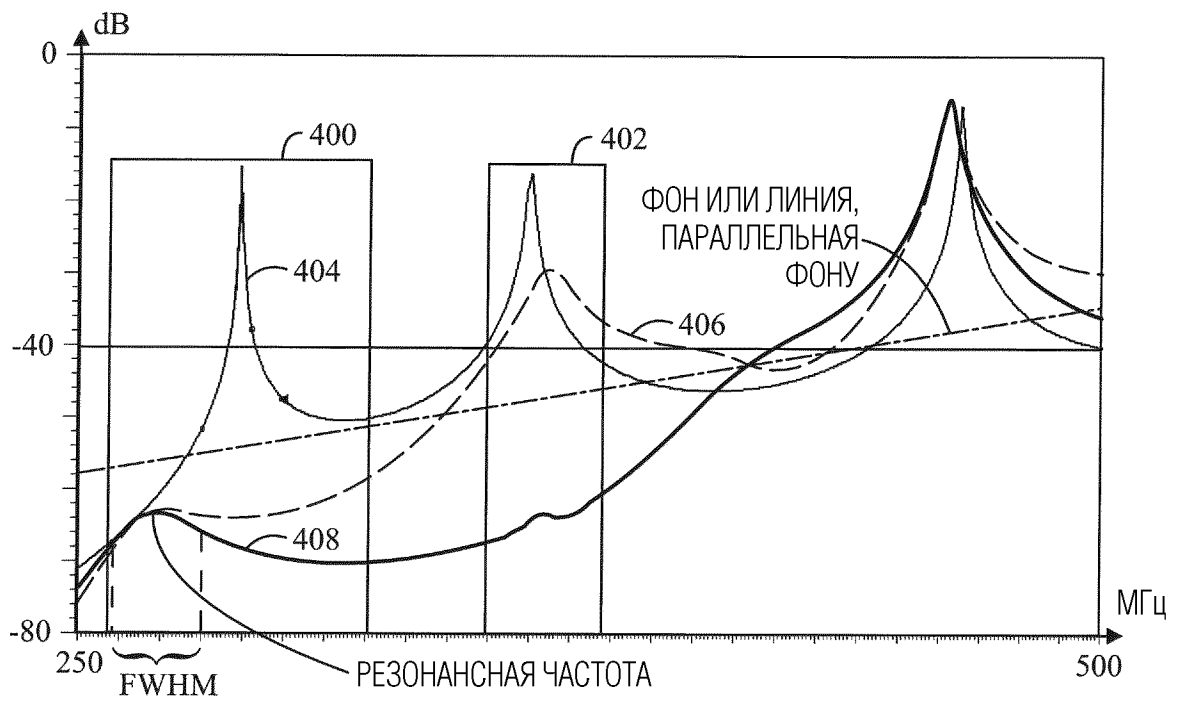
3/5



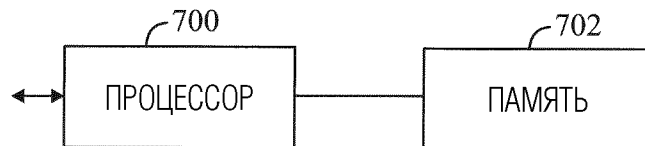
ФИГ. 5



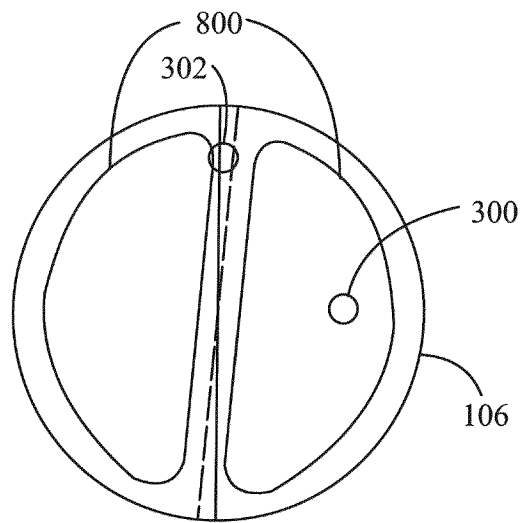
ФИГ. 6



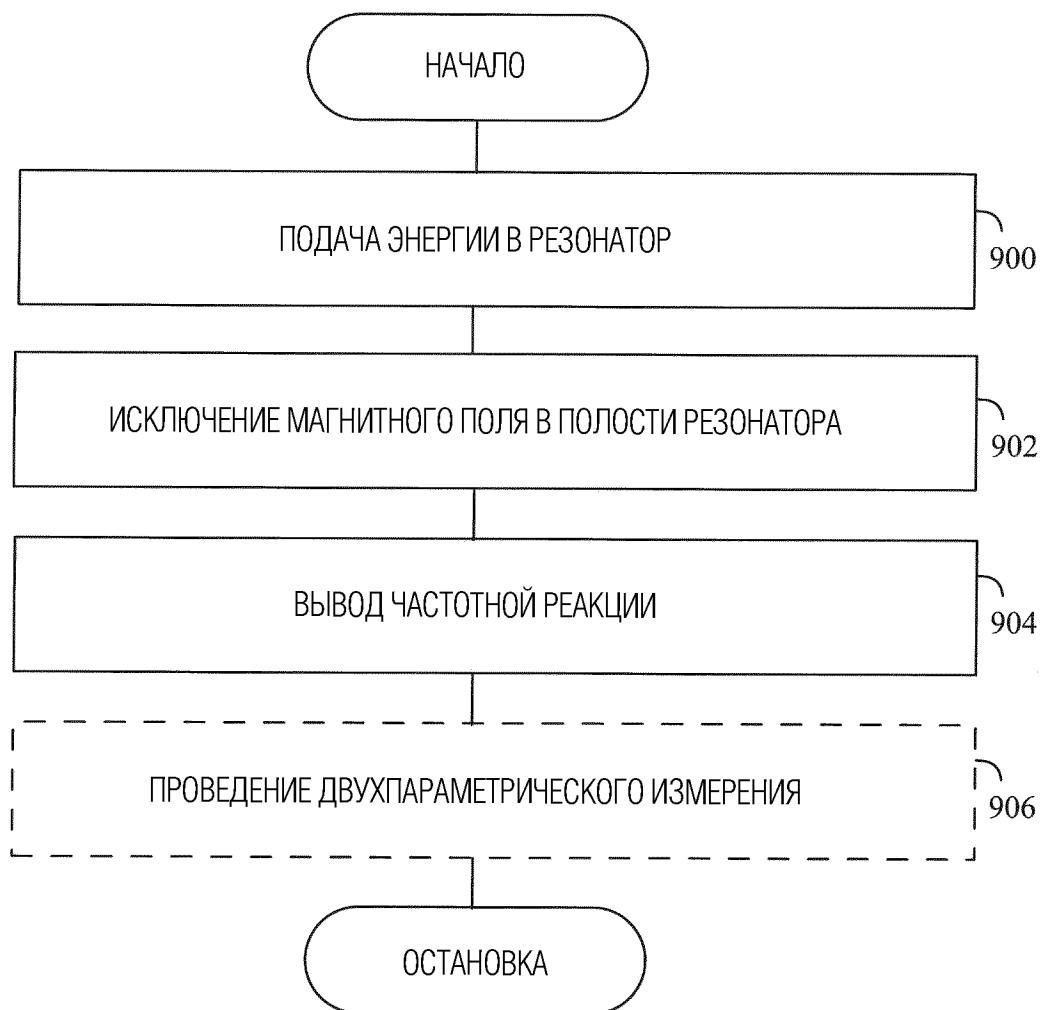
ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10