(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202090798 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.07.14

(22) Дата подачи заявки
2017.09.21

(51) Int. Cl. ***G01V 1/18*** (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01)

(54) СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

(86) **PCT/RU2017/000690**
(87) **WO 2019/059799 2019.03.28**

(71) Заявитель:
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ "РОСНЕФТЬ" (RU); БИ ПИ ЭКСПЛОРЕЙШН ОПЕРЕЙТИНГ КОМПАНИ ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:
Контант Матиас (NO), Жужель Виктор Сергеевич (RU)

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

(57) Сейсмический датчик включает в себя наружный корпус, имеющий центральную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости наружного корпуса. Наружный корпус выполнен с возможностью осевого перемещения относительно ускоряемой массы. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя первый смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и одним из концов наружного корпуса. Первый смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы. Первый смещающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности щелей, продолжающихся в осевом направлении через него. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между первым смещающим элементом и одним из концов наружного корпуса. Сенсорный элемент включает в себя пьезоэлектрический материал, выполненный с возможностью отклонения и образования потенциала в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы и изгибание первого смещающего элемента.

202090798 A1

202090798 A1

202090798 A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-301835EA/092

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

Описание

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[001] В общем, это раскрытие относится к устройствам для выполнения сейсморазведочных работ. Более конкретно, раскрытие относится к сейсмическим датчикам или элементам.

[002] Сейсморазведку или сейсморазведку методом отраженных волн используют для картирования геологической среды Земли. Управляемый сейсмический источник излучает низкочастотные сейсмические волны, которые распространяются в геологической среде Земли. На границах раздела между разнородными слоями горной породы сейсмические волны частично отражаются. Отраженные волны возвращаются к поверхности, где они обнаруживаются одним или несколькими сейсмическими датчиками. В частности, сейсмические датчики обнаруживают и измеряют вибрации, наведенные волнами. Вибрации грунта, обнаруживаемые сейсмическими датчиками на земной поверхности, могут иметь очень широкий динамический диапазон, при этом диапазон смещений находится в пределах от сантиметров до ангстремов. Данные, регистрируемые сейсмическими датчиками, анализируют, чтобы выявить структуру и состав геологической среды.

[003] Традиционные сейсмические датчики (например, геофоны) обычно изготавливают с использованием электрической катушки или провода, помещенного в сильное магнитное поле. Эти электромагнитные датчики можно создавать двух видов, с подвижным магнитом или подвижной катушкой. В версии с подвижной катушкой магнит прикрепляют к корпусу, который затем устойчиво устанавливают в грунт. Подвижную электрическую катушку помещают в магнитное поле в зазоре между полюсами неподвижного магнита и катушку нежестко соединяют с наружным корпусом датчика с помощью слабых пружин, которые ограничивают перемещение катушки вдоль одной оси. Когда катушка перемещается относительно неподвижного магнита, она последовательно пересекает линии магнитного потока, вследствие чего образуются напряжение и ток на электрических выводах катушки, пропорциональные скорости смещения грунта (например, вибрации). Когда катушка является подвижной, катушка образует массу в сейсмическом датчике, которая перемещается в ответ на вибрации грунта.

[004] Другой вид сейсмического датчика основан на использовании емкости для генерации электрического сигнала. Такие датчики обычно образуют как микроэлектромеханические системы (МЭМС), используя микрообработанный кремний, при этом металлическое покрытие наносят на расположенные напротив друг друга компоненты по разные стороны слабо покрытой и нагруженной пружиной массы. Эти микроэлектромеханические датчики часто обладают преимуществом перед геофоном с подвижной катушкой, таким как малые размеры и вес. При перемещении ускоряемой

массы микроэлектромеханической системы относительно внешних неподвижных пластин создается переменная емкость, которая обнаруживается как сигнал, пропорциональный ускорению смещения датчика.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ РАСКРЫТИЯ

[005] В этой заявке раскрыты варианты осуществления сейсмических датчиков. В одном варианте осуществления сейсмический датчик содержит наружный корпус, имеющий центральную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость. Кроме того, сейсмический датчик содержит ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости наружного корпуса. Наружный корпус выполнен с возможностью перемещения относительно ускоряемой массы. Кроме того, сейсмический датчик содержит первый смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и одним из концов наружного корпуса. Первый смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы. Первый смещающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности щелей, продолжающихся в осевом направлении через него. Более того, сейсмический датчик содержит сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между первым смещающим элементом и одним из концов наружного корпуса. Сенсорный элемент содержит пьезоэлектрический материал, выполненный с возможностью отклонения и образования электрического потенциала в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы и изгибание первого смещающего элемента.

[006] В другом варианте осуществления сейсмический датчик для сейсморазведки содержит наружный корпус, имеющий центральную ось. Кроме того, сейсмический датчик содержит ускоряемую массу расположенную с возможностью перемещения в наружном корпусе. Ускоряемая масса содержит источник питания. Кроме того, сейсмический датчик содержит дисковый сенсорный элемент, расположенный в наружном корпусе и выполненный с возможностью обнаружения перемещения наружного корпуса относительно ускоряемой массы. Более того, сейсмический датчик содержит электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом. Кроме того, сейсмический датчик содержит первый смещающий элемент и второй смещающий элемент, поддерживающие ускоряемую массу внутри наружного корпуса. Второй смещающий элемент расположен в осевом направлении между ускоряемой массой и сенсорным элементом. Каждый смещающий элемент содержит электропроводный упругий диск, имеющий центральную область, соединенную с ускоряемой массой, и радиально внешнюю периферию, жестко соединенную с наружным корпусом. Каждый смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в осевом направлении и противодействия изгибанию в радиальном направлении. Каждый смещающий элемент электрически соединяет источник питания с электронной схемой.

[007] В этой заявке раскрыты варианты осуществления способов обнаружения

сейсмических волн, проходящих через подземную формацию. В одном варианте осуществления способ содержит (a) приведение сейсморазведочного устройства в контакт с грунтом выше подземной формации. Сейсморазведочное устройство содержит наружный корпус, имеющий продольную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость. Сейсморазведочное устройство также содержит ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости наружного корпуса. Кроме того, сейсморазведочное устройство содержит первый смещающий элемент расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и нижним концом наружного корпуса. Далее, сейсморазведочное устройство содержит сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и нижним концом наружного корпуса или верхним концом наружного корпуса. Способ также содержит (b) ориентацию сейсморазведочного устройства относительно продольной оси корпуса до вертикальной ориентации. Кроме того, способ содержит (c) перемещение наружного корпуса вертикально относительно массы в ответ на сейсмические волны. Более того, способ содержит (d) изгибание первого смещающего элемента в осевом направлении в ответ на (c). Кроме того, способ содержит (e) отклонение сенсорного элемента в течение (d). Способ также содержит (f) при использовании сенсорного элемента образование сигнала, показывающего вертикальное перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы в течение (c) в ответ на (e).

[008] Варианты осуществления, описанные в этой заявке, содержат сочетание признаков, а преимущества заключаются в преодолении различных недостатков, связанных с определенными предшествующими устройствами, системами и способами. Выше признаки и технические преимущества изобретения изложены достаточно широко, чтобы подробное описание изобретения, которое следует ниже, могло быть лучше понято. Различные характеристики, описанные выше, а также другие признаки будут без труда поняты специалистами в данной области техники при чтении нижеследующего подробного описания и при обращении к сопровождающим чертежам. Специалистам в данной области техники следует понимать, что раскрытые концепция и некоторые варианты осуществления могут быть легко использованы в качестве основы для модификации или разработки других конструкций с достижением тех же целей изобретения. Кроме того, специалистам в данной области техники следует понимать, что такие эквивалентные конструкции не отклоняются от сущности и объема изобретения, изложенных в прилагаемой формуле изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[009] При детальном описании предпочтительных вариантов осуществления изобретения будет делаться обращение к сопровождающим чертежам, на которых:

[010] фиг. 1 - схематичный вид сейсмической сенсорной системы, включающей множество сейсмических датчиков;

[011] фиг. 2 - перспективный вид сейсмического датчика согласно варианту осуществления и принципам, раскрытым в этой заявке;

[012] фиг. 3 - продольный разрез сейсмического датчика из фиг. 2;

[013] фиг. 4 - перспективный вид с торца торцевой крышки из фиг. 2;

[014] фиг. 5 - увеличенный местный разрез сейсмического датчика из фиг. 2, иллюстрирующий соединение между крышкой и основной частью наружного корпуса;

[015] фиг. 6 - перспективный вид узла индуктивной катушки из фиг. 3;

[016] фиг. 7 - перспективный вид сбоку держателя из фиг. 3;

[017] фиг. 8 - перспективный вид сбоку держателя из фиг. 3;

[018] фиг. 9 - увеличенный поперечный разрез сейсмического датчика из фиг. 2;

[019] фиг. 10 - увеличенный перспективный вид нижнего соединительного элемента и сенсорного элемента из фиг. 3;

[020] фиг. 11 - перспективный вид в местном разрезе сейсмического датчика из фиг. 2;

[021] фиг. 12 - перспективный вид аккумуляторной батареи и схемной платы из фиг. 3;

[022] фиг. 13 - увеличенный перспективный вид аккумуляторной батареи, схемной платы и одного лепестка из фиг. 3;

[023] фиг. 14 - перспективный вид сейсмического датчика согласно варианту осуществления и принципам, описанным в этой заявке;

[024] фиг. 15 - продольный разрез сейсмического датчика из фиг. 14;

[025] фиг. 16 - перспективный вид сверху в местном разрезе сейсмического датчика из фиг. 14;

[026] фиг. 17 - увеличенный перспективный вид в местном разрезе сейсмического датчика из фиг. 14;

[027] фиг. 18 - увеличенный поперечный разрез сейсмического датчика из фиг. 14;

[028] фиг. 19 - увеличенный перспективный вид в местном разрезе сейсмического датчика из фиг. 14;

[029] фиг. 20 - увеличенный поперечный разрез сейсмического датчика из фиг. 14;

[030] фиг. 21 - перспективный вид аккумуляторной батареи и лепестков из фиг. 16; и

[031] фиг. 22 - вид сверху лепестка согласно варианту осуществления и принципам, описанным в этой заявке.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[032] Нижеследующее рассмотрение относится к различным примерам вариантов осуществления. Однако специалисту в данной области техники должно быть понятно, что примеры, раскрытые в этой заявке, имеют широкое применение и что при рассмотрении любого варианта осуществления имеется в виду только пример этого варианта осуществления и не предполагается, что объем раскрытия, включая формулу изобретения,

ограничен этим вариантом осуществления.

[033] Определенные термины используются на протяжении нижеследующего описания и в формуле изобретения для обозначения конкретных признаков или компонентов. Как должно быть понятно специалисту в данной области техники, различные специалисты могут давать одному и тому же признаку или компоненту разные названия. В этом документе не предполагается проведение различия между компонентами или признаками, названия которых, но не функции, различаются. Чертежи необязательно выполнены в масштабе. Некоторые признаки и компоненты на чертежах могут быть показаны в преувеличенном масштабе или до некоторой степени в схематичной форме и некоторые детали обычных элементов могут быть не показаны ради ясности и краткости.

[034] В нижеследующем описании и формуле изобретения термины «включающий» и «содержащий» используются в свободной форме и поэтому должны интерпретироваться как означающие «включающий, но не ограниченный …». Кроме того, термин «соединены» или «соединен» предполагается означающим косвенное или прямое соединение. Таким образом, если первое устройство соединено с вторым устройством, то соединение может быть осуществлено как прямое соединение или как косвенное соединение через другие устройства, компоненты и соединения. Кроме того, используемые в этой заявке термины «осевой» и «в осевом направлении» обычно означают вдоль или параллельно центральной оси (например, центральной оси объекта или отверстия), тогда как термины «радиальный» и «радиально» обычно означают перпендикулярность к центральной оси. Например, осевое расстояние относится к расстоянию, измеряемому вдоль или параллельно центральной оси, а радиальное расстояние означает расстояние, измеряемое перпендикулярно к центральной оси. Любое указание на направление вверх или вниз в описании и формуле изобретения делается для ясности, при этом «вверх», «верхний», «выше», «вниз», «нижний» и «ниже» означают положение или направление при обычном использовании.

[035] Теперь обратимся к фиг. 1, на которой показано схематичное представление сейсморазведочной системы 50 для исследования подземной формации 51 (геологической среды). Как показано на фиг. 1, геологическая среда 51 имеет относительно однородную структуру за исключением слоя 52, который может быть, например, породой другого вида по сравнению с остальной частью геологической среды 51. В результате слой 52 может иметь другую плотность, другую скорость упругой волны и т.д. по сравнению с остальной частью геологической среды 51.

[036] Сейсморазведочная система 50 включает в себя сейсмический источник 54, расположенный на земной поверхности 56, и множество сейсмических датчиков 64, 66, 68, прочно связанных с поверхностью 56. Сейсмический источник 54 генерирует и излучает регулируемые сейсмические волны 58, 60, 62, которые направляются вниз в геологическую среду 51 и распространяются на протяжении геологической среды 51. В общем случае сейсмический источник 54 может быть любым подходящим сейсмическим источником, известным в данной области техники, без ограничения взрывными

сейсмическими источниками, вибросейсмическими источниками на шасси грузовика и системами с ускоренным падением груза, также известными как сейсмические источники типа падающего груза на шасси грузовика. Например, падающий груз на шасси грузовика может ударять по земной поверхности 56 благодаря весу или «эффекту метания молота», создающему удар, который распространяется через геологическую среду 51 в виде сейсмических волн.

[037] Вследствие отличий плотности слоя 52 и/или скорости упругих волн в слое 52 по сравнению с остальной частью геологической среды 51 сейсмические волны 58, 60, 62 отражаются, по меньшей мере частично, от поверхности слоя 52. Отраженные сейсмические волны 58', 60', 62' распространяются вверх от слоя 52 к поверхности 56, где они обнаруживаются сейсмическими датчиками 64, 66, 68.

[038] Кроме того, сейсмический источник 54 может создавать поверхностные граничные волны 57, которые обычно проходят вдоль поверхности 56 с относительно небольшими скоростями и обнаруживаются одновременно с отраженными на большей глубине сейсмическими волнами 58', 60', 62'. Поверхностные граничные волны 57 обычно имеют более высокую амплитуду, чем отраженные сейсмические волны 58', 60', 62', вследствие кумулятивных эффектов энергетических потерь при распространении отраженных сейсмических волн 58', 60', 62', таких как геометрическое расхождение волнового фронта, потери на границе раздела при распространении, низкий коэффициент отражения и поглощение на пути распространения. Кумулятивный эффект этих потерь может составлять по величине 75 дБ, в отдельных случаях больше чем 100 дБ, и определяется по разности амплитуд между различными волновыми формами, регистрируемыми датчиками 64, 66, 68.

[039] Различные волны 57, 58', 60', 62' обнаруживаются датчиками 64, 66, 68, после чего сохраняются или передаются данные, характерные для обнаруженных волн 57, 58', 60', 62'. Эти данные можно анализировать, чтобы определять информацию о структуре геологической среды 51, такую как местоположение слоя 52.

[040] Хотя сейсморазведочная система 50 показана и описана как наземная или расположенная на суше система, варианты осуществления, описанные в этой заявке, можно также использовать при сейсморазведочных работах в переходных зонах (например, в болотистых местностях или в торфяниках, на участках мелкой воды, таких как между островом и морем) и в морских сейсморазведочных системах, когда геологическая среда грунтовой формации (например, геологическая среда 51) покрыта слоем воды. В морских системах сейсмические датчики (например, сейсмические датчики 64, 66, 68) могут быть расположены в грунте морского дна или на морском дне или в ином случае на поверхности воды или в водном пространстве. Кроме того, в таких морских системах могут использоваться сейсмические источники (например, сейсмические источники 54) иных видов, в том числе, но без ограничениями ими, воздушные пушки и плазменные источники звука.

[041] Теперь обратимся к фиг. 2 и 3, на которых показаны варианты осуществления

сейсмического датчика 100. В общем случае сейсмический датчик 100 может быть использован в любой сейсморазведочной системе. Например, датчик 100 может быть использован в качестве любого одного или нескольких из датчиков 64, 66, 68 сейсморазведочной системы 50, показанной на фиг. 1 и описанной выше. Хотя датчик 100 может быть использован в наземных или морских сейсморазведочных системах, он особенно пригоден для наземных сейсморазведочных работ.

[042] В этом варианте осуществления сейсмический датчик 100 включает в себя наружный корпус 101, узел 130 индуктивной катушки, расположенный внутри корпуса 101, держатель 140, расположенный в корпусе 101 вблизи узла 130 индуктивной катушки, и сенсорный элемент 180, расположенный внутри корпуса 101 и соединенный с держателем 140. Источник питания или блок 190 питания и электронные схемы 195 прикреплены с возможностью удаления к держателю 141 внутри корпуса 101. В этом варианте осуществления источник 190 питания представляет собой аккумуляторную батарею, а электронные схемы 195 выполнены в виде печатной платы (например, печатной схемной платы). Поэтому источник питания 190 может также называться аккумуляторной батареей 190 и электронные схемы 195 могут также называться схемной платой 195.

[043] Что касается все еще фиг. 2 и 3, то корпус 101 имеет центральную или продольную ось 105, первый или верхний конец 101a, второй или нижний конец 101b и внутреннюю камеру или полость 102. Как будет описано более подробно ниже, в этом варианте осуществления концы 101a, 101b закрыты и внутренняя полость 102 герметизирована и изолирована от окружающей среды за пределами датчика 100, вследствие чего обеспечивается защита чувствительных компонентов, расположенных внутри корпуса 101, от окружающей среды (например, воды, грязи и т.д.).

[044] В этом варианте осуществления корпус 101 включает в себя в основном чашеобразную основную часть 110 и перевернутую чашеобразную крышку 120, жестко прикрепленную к основной части 110. В частности, основная часть 110 имеет центральную или продольную ось 115, коаксиально совмещенную с осью 105, первый или верхний конец 110a и второй или нижний конец 110b, образующий нижний конец 101b корпуса 101. Кроме того, основная часть 110 включает в себя плоское цилиндрическое основание 111 на нижнем конце 110b и трубчатую втулку 112, продолжающуюся в осевом направлении вверх от основания 111 до верхнего конца 110a. Основание 111 закрывает втулку 112 на нижнем конце 110b, однако втулка 112 и основная часть 110 открыты на верхнем конце 110a. В результате этого основная часть 110 включает в себя приемник 113, продолжающийся в осевом направлении от верхнего конца 110a до основания 111. Приемник 113 образует часть внутренней полости 102 корпуса 101. Как будет описано более подробно ниже, открытый верхний конец 110a закрыт крышкой 120. Кольцевой фланец 116 продолжается радиально наружу от втулки 112 на верхнем конце 110a и круговой приподнятый выступ или заплечик 117 продолжается в осевом направлении вверх от основания 111 в полость 113. В этом варианте осуществления вся основная часть

110 (включая основание 111, втулку 112 и фланец 116) изготовлена литьем под давлением цельнолитой из поликарбоната.

[045] Что касается теперь фиг. 2-4, то крышка 120 имеет центральную или продольную ось 125, коаксиально совмещенную с осью 105, первый или верхний конец 120a, образующий верхний конец 101a корпуса 101, и второй или нижний конец 120b. В этом варианте осуществления крышка 120 имеет обычную форму перевернутой крышки. В частности, крышка 120 включает в себя плоскую цилиндрическую верхнюю часть 121 на верхнем конце 120a и трубчатую втулку 122, продолжающуюся в осевом направлении вниз от верхней части 121 к нижнему концу 120b. Верхняя часть 121 закрывает втулку 122 на верхнем конце 120a, однако втулка 122 и крышка 120 открыты на нижнем конце 120b. В результате этого крышка 120 включает в себя внутреннюю камеру или полость 123, проходящую в осевом направлении от нижнего конца 120b к верхней части 121. Кольцевой фланец 126 продолжается радиально наружу от втулки 122 вблизи нижнего конца 120b. Кроме того, удлиненный цилиндрический световод 127 продолжается в осевом направлении вниз от верхней части 121 в полость 113. Световод 127 расположен коаксиально внутри крышки 120 (например, световод 127 имеет центральную ось, коаксиально совмещенную с осью 125) и имеет первый или верхний конец 127a, жестко прикрепленный к верхней части 121, и второй или нижний конец 127b, удаленный от верхней части 121.

[046] Как будет описано более подробно ниже, световод 127 образует часть световодного узла для беспроводной передачи данных к схемной плате 195 и от нее при прохождении света через верхнюю часть 121. В вариантах осуществления, описанных в этой заявке, свет, проходящий по световодному узлу, имеет частоту в видимом или инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра (например, частоту от 3,0 ТГц до 300,0 ТГц и длину волны от 1,0 мкм до 100 мкм). В одном варианте осуществления свет, проходящий по световодному узлу, находится в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра при длине волны 850 нм. Для содействия прохождению света по световоду 127 он изготовлен из прозрачного/светопроницаемого материала, а для содействия прохождению света через верхнюю часть 121 она изготовлена из прозрачного/светопроницаемого материала. В этом варианте осуществления вся крышка 120 (включая верхнюю часть 121, втулку 122 и световод 127) изготовлена литьем под давлением цельнолитой из поликарбоната.

[047] Как лучше всего показано на фиг. 2 и 3, в этом варианте осуществления соединитель 128 предусмотрен на крышке 120 сбоку на верхнем конце 120a. В этом варианте осуществления соединитель 128 представляет собой проушину или сквозное отверстие, в котором может быть закреплен с возможностью освобождения трос, фал, крюк, карабин или что-либо подобное. Этим можно облегчать транспортировку датчика 100 во время развертывания и извлечения и/или облегчать определение мест нахождения датчиков 100 при извлечении.

[048] Что касается теперь фиг. 3, то крышка 120 жестко прикреплена к основной

части 110. В частности, крышка 120 коаксиально выровнена относительно основной части 110, при этом нижний конец 120b крышки 120 герметизирован внутри верхнего конца 110a основной части 110 и кольцевые фланцы 116, 126 в осевом направлении прилегают друг к другу. Основной части 110 и крышке 120 приданы такие размеры, что неподвижная посадка обеспечивается между нижним концом 120b крышки 120 и верхним концом 110a основной части 110, когда нижний конец 120b расположен на верхнем конце 110a. В этом варианте осуществления основная часть 110 и крышка 120 изготовлены из одного и того же материала (поликарбоната) и поэтому могут быть приварены друг к другу ультразвуком для жесткого прикрепления крышки 120 к основной части 110. Более конкретно, кольцевой сварной шов $W_{110\text{-}120}$ образован ультразвуковой сваркой между противоположными радиально внешней поверхностью и радиально внутренней поверхностью втулок 122, 112, соответственно, на конце 120b, 110a, соответственно. Сварной шов $W_{110\text{-}120}$ образует кольцевое основное герметизирующее уплотнение между крышкой 120 и основной частью 110, которое предотвращает движение текучей среды между полостями 113, 123 и средой, окружающей датчик 100. В этом варианте осуществления дополнительный или резервный кольцевой уплотнительный узел 129 предусмотрен между крышкой 120 и основной частью 110. Уплотнительный узел 129 включает в себя кольцевое уплотнение с уплотнительным кольцом, расположенным в кольцевой выемке, предусмотренной в нижней поверхности фланца 126. Уплотнительное кольцо в осевом направлении сжато между фланцами 116, 126.

[049] Что касается теперь фиг. 3 и 6, то узел 130 индуктивной катушки используется для индуктивной зарядки аккумуляторной батареи 190 с наружной стороны датчика 100 (например, беспроводным способом). В этом варианте осуществления узел 130 индуктивной катушки включает в себя цилиндрический втулкообразный каркас 131 и катушку 136, намотанную вокруг каркаса 131. Катушка 136 электрически соединена проводами (непоказанными) со схемной платой 195, что обеспечивает передачу тока к схемной плате 195, от которой в свою очередь аккумуляторная батарея 190 заряжается во время зарядки.

[050] Каркас 131 имеет центральную ось 135, первый или верхний конец 131a и второй или нижний конец 131b. Как лучше всего показано на фиг. 3, узел 130 расположен в крышке 120, при этом оси 135, 105 коаксиально совмещены. Как показано на фиг. 6, верхний конец 131a открыт, тогда как диск 132 продолжается по всему нижнему концу 131b. Диск 132 ориентирован в основном перпендикулярно к оси 135 и включает в себя центральное сквозное отверстие 133. Радиально внешняя поверхность каркаса 131 включает в себя кольцевую выемку 134, продолжающуюся в осевом направлении между концами 131a, 131b. Катушка 136 расположена в выемке 134, при этом витки катушки 136 прилегают друг к другу по направлению оси. Пара разнесенных по окружности защелок 137 и пара разнесенных по окружности направляющих 138 проходят в осевом направлении вниз от нижнего конца 131b. Защелками 137 узел 130 катушки прикрепляется с возможностью освобождения к держателю 140 так, что узел 130 не может

перемещаться вращательно или поступательно относительно держателя 140, а направляющие 138 находятся в зацеплении со скольжением с внутренней поверхностью держателя 140 для облегчения коаксиального выравнивания каркаса 131 и держателя 140 во время установки узла 130. В этом варианте осуществления направляющие 138 равномерно разнесены по окружности на 180° и защелки 137 равномерно разнесены по окружности на 180°, при этом одна направляющая 138 расположена между парой соседних по окружности защелок 137.

[051] Что касается теперь фиг. 3, 7 и 8, то держатель 140 поддерживает с возможностью освобождения сенсорный элемент 180, аккумуляторную батарею 190 и схемную плату 195 внутри основной части 110 наружного корпуса 101 и воздействует на сенсорный элемент 180 в ответ на вибрации, наводимые сейсмическими волнами. В этом варианте осуществления держатель 140 имеет центральную или продольную ось 145, первый или верхний конец 140a вблизи верхнего конца 111a основной части 110 и второй или нижний конец 140b, расположенный напротив заплечика 117 основной части 110. Как лучше всего показано на фиг. 3, держатель 140 расположен внутри основной части 110, при этом оси 145, 105 коаксиально совмещены.

[052] Что касается теперь фиг. 7 и 8, то в этом варианте осуществления держатель 140 включает в себя верхний соединительный элемент 150 на верхнем конце 140a, нижний соединительный элемент 160 на нижнем конце 140b и кронштейн 170 аккумуляторной батареи, расположенный в осевом направлении между элементами 150, 160. Удлиненная верхняя стойка 141 соединяет верхний соединительный элемент 150 с кронштейном 170 аккумуляторной батареи и удлиненная нижняя стойка 142 соединяет нижний соединительный элемент 160 с кронштейном 170 аккумуляторной батареи. Таким образом, стойка 141 расположена в осевом направлении между кронштейном 170 аккумуляторной батареи и верхним соединительным элементом 150, а стойка 142 расположена в осевом направлении между кронштейном 170 аккумуляторной батареи и нижним соединительным элементом 160. В этом варианте осуществления соединительные элементы 150, 160, кронштейн 170 и стойки 141, 142 расположены концентрически и коаксиально выровнены относительно корпуса 101. Кроме того, в этом варианте осуществления соединительные элементы 150, 160, кронштейн 170 и стойки 141, 142 монолитно образованы в виде единой детали. В частности, в этом варианте осуществления весь держатель 140 изготовлен в виде одной монолитной детали литьем под давлением цельнолитой из прозрачного поликарбоната.

[053] Верхний соединительный элемент 150 имеет первый или верхний конец 150a, образующий верхний конец 140a держателя 140, и второй или нижний конец 150b, противоположный концу 150a. Кроме того, верхний соединительный элемент 150 включает в себя круговую корпусную деталь 151, продолжающуюся в осевом направлении между концами 150a, 150b, изгибающий или смещающий элемент 152, установленный на корпусной детали 151 на нижнем конце 150b, и в основном кольцевой монтажный фланец 153, продолжающийся радиально наружу от корпусной детали 151 на

нижнем конце 150b. Пара равномерно разнесенных по окружности сквозных отверстий 154 проходит радиально через корпусную деталь 151. Направляющие 138 узла 130 индуктивной катушки приспособлены (например, выдержаны по размеру и расположены) к зацеплению со скольжением с внутренней поверхностью втулки 151 на верхнем конце 150a, тогда как защелки 137 зацеплены с возможностью освобождения в отверстиях 154, вследствие чего обеспечиваются выравнивание и соединение узла 130 и соединительного элемента 150.

[054] Что касается опять фиг. 7 и 8, то монтажный фланец 153 продолжается по радиусу наружу от корпусной детали 151. В этом варианте осуществления фланец 153 не является непрерывным кольцевым фланцем, а точнее, включает в себя множество продолжающихся по окружности сегментов 153a. Каждый сегмент 153a имеет в радиальном направлении внешнюю цилиндрическую поверхность 153b, расположенную на по существу таком же радиусе, как и внутренняя поверхность втулки 112 основной части 110. В частности, как показано на фиг. 3, цилиндрические поверхности 153b сегментов 153a жестко прикреплены к втулке 112 вблизи верхнего конца 110a. В общем случае сегменты 153a могут быть прикреплены к втулке 112 любым подходящим способом, известным в данной области техники, включая, но без ограничения ими, приклеивание, посадку с натягом или образование сварного соединения и т.д. В этом варианте осуществления верхний соединительный элемент 150 и основная часть 110 изготовлены из поликарбоната и поэтому сегменты 153a приварены ультразвуком к втулке 112 вдоль поверхностей 153b.

[055] Сейсмический датчик 100 может быть снабжен электромагнитным экраном. Электромагнитные экраны известны в данной области техники и могут экранировать компоненты датчика от радиочастотных сигналов с наружной стороны датчика, которые в ином случае могут мешать работе компонентов.

[056] Что касается теперь фиг. 3, 5 и 7, то смещающий элемент 152 является упругим гибким элементом и упруго деформируется в ответ на перемещение наружного корпуса 101 относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем (например, аккумуляторной батареи 190 и схемной платы 195). В этом варианте осуществления смещающий элемент 152 содержит диск или круговой фланец 156, включающий множество равномерно разнесенных по окружности сквозных выемок или щелей 157. Каждая щель 157 продолжается в осевом направлении сквозь диск 156. Кроме того, каждая щель 157 имеет форму спирали, перемещающейся по радиусу наружу от радиально внутреннего конца вблизи центра диска 156 и радиально внешнего конца вблизи корпусной детали 151. В этом варианте осуществления предусмотрены три щели 157, при этом каждая пара соседних по окружности внутренних концов щелей 157 разнесена по углу на 120° вокруг оси 145, при этом каждая пара соседних по окружности внешних концов щелей 156 разнесена по углу на 120° вокруг оси 145, а каждая щель 157 продолжается на всем протяжении угла спирали, измеряемого вокруг оси 145 между концами ее, составляющего около 180°. Используемый в этой заявке термин «угол

спирали» относится к углу, измеряемому вокруг оси между терминальными концами объекта (например, к углу, измеряемому вокруг оси 145 между концами щели 157). Радиально внутренние концы щелей 157 радиально отнесены от центра диска 156 и оси 145. В результате этого центральный участок диска 156 представляет собой сплошную область на диске 156, к которой жестко прикреплен верхний конец стойки 141.

[057] Смещающий элемент 152 смещает по радиусу кронштейн 170 аккумуляторной батареи и компоненты, установленные на нем, к центральному или концентрическому положению, отстоящему по радиусу от корпуса 101, но по существу не поддерживает или не воспринимает вес кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем. Таким образом, смещающий элемент 152 отступает перед действием веса кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем. В частности, диск 156 представляет собой полужесткую структуру, которая обычно противодействует искривлению или изгибанию. Однако при наличии спиральных щелей 157 повышается гибкость диска 156 в области, на протяжении которой расположены щели 157 (например, в области, радиально расположенной между стойкой 141 и сегментами 153a), вследствие чего относительно легко создается изгиб этой области в осевом направлении (вверх и вниз). Спиральные щели 157 также повышают гибкость диска 156 в радиальном направлении. Однако спиральные щели 157 не обеспечивают столь же легкого изгибания диска 156 в радиальном направлении. Когда осевая нагрузка прикладывается к смещающему элементу 152 стойкой 141, то вследствие относительно высокой степени гибкости смещающего элемента 152 в осевом направлении щели 157 обычно обеспечивают возможность свободного перемещения центрального участка диска 156 в осевом направлении вверх и вниз относительно сегментов 153a. Однако, когда радиальная нагрузка прикладывается к смещающему элементу 152 стойкой 141, то вследствие более ограниченной гибкости в радиальном направлении щели 157 обычно противодействуют перемещению в радиальном направлении центрального участка диска 156 относительно сегментов 153a и ограниченного по протяженности центрального участка диска 156, при этом диск 156 смещает центральный участок и стойку 141 обратно до коаксиального совмещения с осями 105, 145.

[058] Как лучше всего показано на фиг. 3 и 8, в этом варианте осуществления удлиненный криволинейный L-образный световод 143 сопряжен с верхним соединительным элементом 150. Световод 143 имеет первый конец 143a вблизи схемной платы 195, второй конец 143b вблизи нижнего конца 127b световода 127, первый или горизонтальный участок 144a, продолжающийся по радиусу от конца 143a, второй или вертикальный участок 144b, продолжающийся в осевом направлении от конца 143b, и изгиб или сгиб на 90°, продолжающийся между участками 144a, 144b. Вертикальный участок 144b продолжается через центр диска 156 смещающего элемента 152 и сквозное отверстие 133 узла 130 катушки и коаксиально выровнен относительно световода 127 и корпуса 101. Для содействия прохождению света световод 143, как и световод 127, изготовлен из прозрачного/светопроницаемого материала, такого как прозрачный

поликарбонат. Как будет описано более подробно ниже, световоды 127, 143 образуют световодный узел, по которому осуществляется беспроводная передача данных к схемной плате 195 и от нее через верхнюю часть 121. Зазор Gg расположен в осевом направлении между концами 127b, 143b для обеспечения относительного осевого перемещения световодов 127, 143. Зазор Gg имеет высоту, измеряемую в осевом направлении между концами 127b, 143b, которую, как будет описано более подробно ниже, предпочтительно минимизировать, чтобы уменьшать потери света, проходящего через зазор Gg между световодами 127, 143, и в то же самое время обеспечивать достаточное относительное перемещение световодов 127, 143. В этом варианте осуществления относительное осевое перемещение световодов 127, 143 составляет около 10,0 мкм и поэтому предпочтительно, чтобы зазор Gg составлял по меньшей мере 10 мкм.

[059] Что касается теперь фиг. 3 и 7-10, то нижний соединительный элемент 160 включает в себя кольцевой монтажный фланец 161 и изгибающий или смещающий элемент 162, прикрепленный к фланцу 156. В этом варианте осуществления фланец 161 не является непрерывным кольцевым фланцем, а точнее, включает в себя множество продолжающихся по окружности сегментов 161a. Каждый сегмент 161a имеет радиально внешнюю цилиндрическую поверхность 161b, расположенную на по существу таком же радиусе, что и внутренняя поверхности втулки 112 основной части 110. В частности, как показано на фиг. 9, цилиндрические поверхности 161b сегментов 161a жестко прикреплены к втулке 112 вблизи нижнего конца 110b. В общем случае сегменты 161a могут быть прикреплены к втулке 112 любым подходящим способом, известным в данной области техники, включая, но без ограничения ими, приклеивание, посадку с натягом или образование сварного соединения и т.д. В этом варианте осуществления нижний соединительный элемент 160 и корпус 110 изготовлены из поликарбоната и поэтому сегменты 161a приварены ультразвуком к втулке 112 вдоль поверхностей 161b. Как лучше всего показано на фиг. 8 и 10, фланец 161 включает в себя пару разнесенных по окружности упругих пальцев 163, которые могут быть изогнуты по радиусам наружу к месту нахождения сенсорного элемента 180 внутри фланца 156, и тем самым обеспечивается подпружинивание по радиусу внутрь для удержания сенсорного элемента 180 в заданном положении внутри фланца 161.

[060] Что касается теперь фиг. 7-9, то смещающий элемент 162 аналогичен смещающему элементу 152, описанному ранее. В частности, смещающий элемент 162 представляет собой упругий элемент, который изгибается и упруго деформируется в ответ на перемещение наружного корпуса 101 относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем (например, аккумуляторной батареи 190 и схемной платы 195). Кроме того, смещающий элемент 162 содержит круговой диск или фланец 156, описанный ранее. Нижний конец стойки 142 жестко прикреплен к сплошной центральной области диска 156 смещающего элемента 162. Однако в этом варианте осуществления смещающий элемент 162 включает в себя полусферический отклоняющий индуктор или кнопку 164 и круговое поддерживающее ребро или выступ 166, проходящий

в осевом направлении от низа диска 156. Кнопка 164 центрирована на диске 156, а выступ 166 коаксиально выровнен относительно диска 156. Кроме того, выступ 166 расположен по радиусу между щелями 157 и монтажным фланцем 161. Кнопка 164 и выступ 166 продолжаются на одно и то же расстояние, измеряемое в осевом направлении от низа диска 156.

[061] Что касается теперь фиг. 9 и 10, то сенсорный элемент 180 представляет собой плоский диск, герметизированный в монтажном фланце 161 напротив кнопки 164 и выступа 166, при этом кончик кнопки 164 находится в зацеплении с центром верхней поверхности сенсорного элемента 180 и выступ 166 находится в зацеплении с радиально внешней периферией верхней поверхности сенсорного элемента 180. Пальцы 163 удерживают сенсорный элемент 180 внутри фланца 161 напротив кнопки 164 и выступа 166. Как лучше всего показано на фиг. 9, заплечик 117 основной части 110 расположен на таком же радиусе, что и выступ 166, и находится в зацеплении с радиально внешней периферией нижней поверхности сенсорного элемента 180 в осевом направлении напротив выступа 166. Таким образом, внешняя периферия сенсорного элемента 180 прижата и фиксирована на месте между заплечиком 117 и выступом 166.

[062] Таким же образом, как это делает смещающий элемент 152, описанный ранее, смещающий элемент 162 смещает в радиальном направлении кронштейн 170 аккумуляторной батареи и компоненты, установленные на нем, к центральному или концентрическому положению, отнесенному по радиусу от корпуса 101, но по существу не поддерживает или не воспринимает вес кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем. Таким образом, смещающий элемент 162 отступает перед действием веса кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем. Когда осевая нагрузка прикладывается к смещающему элементу 162 стойкой 142, то вследствие относительно высокой степени гибкости смещающего элемента 162 в осевом направлении щели 157 обычно обеспечивают свободное перемещение центрального участка диска 156 в осевом направлении вверх и вниз относительно сегментов 153a. Однако, когда радиальная нагрузка прикладывается к смещающему элементу 162 стойкой 142, то вследствие более ограниченной гибкости в радиальном направлении щели 157 обычно противодействуют перемещению центрального участка диска 156 в радиальном направлении относительно сегментов 161a, а ограниченный по протяженности центральный участок диска 156 перемещается радиально, диск 156 смещает центральный участок и стойку 142 обратно до коаксиального совмещения с осями 105, 145.

[063] Кольцевые фланцы 153, 161 жестко прикреплены к наружному корпусу 101 и стойки 141, 142 соединяют кронштейн 170 аккумуляторной батареи со смещающими элементами 152, 162, соответственно. Поэтому вес кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем, побуждает смещающие элементы 152, 162 изгибаться и прогибаться в осевом направлении, что приводит кончик кнопки 164 в контакт с центром сенсорного элемента 180, и по существу весь вес кронштейна 170

аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем, передается к центру сенсорного элемента 180 (через посредство кнопки 164).

[064] Как лучше всего показано на фиг. 9, кончик кнопки 164 находится в контакте с центром сенсорного элемента 180 и передает вес кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем, к сенсорному элементу 180, при этом наружный корпус 101 и кронштейн 170 аккумуляторной батареи находятся в неподвижном состоянии (например, отсутствует относительное перемещение наружного корпуса 101 и кронштейна 170 аккумуляторной батареи). Внешняя периферия сенсорного элемента 180 удерживается между выступом 166 и заплечиком 117 и поэтому, когда кнопка 164 упирается в сенсорный элемент 180 под действием веса кронштейна 170 аккумулятора и компонентов, установленных на нем, внешняя периферия сенсорного элемента 180 является неподвижной относительно корпуса 101.

[065] Что касается опять фиг. 7 и 8, то кронштейн 170 аккумуляторной батареи имеет первый или верхний конец 170a и второй или нижний конец 170b. Кроме того, кронштейн 170 аккумуляторной батареи включает в себя первую или верхнюю стенку 171, расположенную на верхнем конце 170a, вторую или нижнюю стенку 172, расположенную на нижнем конце 170b, и полуцилиндрическую корпусную деталь 173, продолжающуюся в осевом направлении между стенками 171, 172. Каждая стенка 171, 172 представляет собой круговую пластину или диск, включающий прямоугольную выемку 174, продолжающуюся по радиусу внутрь от радиально внешнего края диска. Как показано на фиг. 11, выемки 174 стенок 171, 172 выровнены по окружности относительно схемной платы 195 и имеют размеры, позволяющие размещать в них схемную плату 195. Как лучше всего показано на фиг. 3, каждая стенка 171, 172 имеет внешний радиус, который меньше, чем внутренний радиус наружного корпуса 101. Поэтому зазор Gr расположен по радиусу между каждой стенкой 171, 172 и корпусом 101. Каждый зазор Gr имеет ширину, измеряемую в радиальном направлении между стенкой 171, 172 и наружным корпусом 101. В вариантах осуществления, описанных в этой заявке, предпочтительно, чтобы радиальная ширина каждого зазора Gr была больше чем 0,0 мм (например, ненулевой) и меньше чем 2,0 мм, а более предпочтительно, чтобы она была больше чем 0,0 мм и меньше чем 1,0 мм, и при этом кронштейн 170 аккумуляторной батареи был концентрически расположен в наружном корпусе 101. Зазор Gr позволяет наружному корпусу 101 перемещаться в радиальном и боковом направлениях относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи, когда диски 156 смещающих элементов 152, 162 изгибаются, но максимум такого перемещения в радиальном и боковом направлениях ограничен. Таким образом, стенки 171, 172 функционируют как ограничители радиального перемещения или стопоры, при этом кронштейн 170 аккумуляторной батареи может перемещаться в радиальном направлении внутри корпуса 101 до тех пор, пока стенка 171, 172 не придет в контакт в радиальном направлении с корпусом 101.

[066] Что касается опять фиг. 7 и 8, то пара равномерно разнесенных по

окружности стоек 176 проходит в осевом направлении от радиально внешней периферии каждой стенки 171, 172. Стойки 176 верхней стенки 171 продолжаются в осевом направлении вверх к смещающему элементу 152 и стойки 176 стенки 172 продолжаются в осевом направлении вниз к смещающему элементу 162. Однако терминальные концы стоек 176 отнесены в осевом направлении от соседних в осевом направлении смещающих элементов 152, 162. Поэтому зазор Ga расположен в осевом направлении между терминальным концом каждой стойки 176 и соседним по оси смещающим элементом 152, 162. Каждый зазор Ga имеет высоту, измеряемую в осевом направлении между терминальным концом каждой стойки 176 и соседним по оси и смещающим элементом 152, 162. В вариантах осуществления, описанных в этой заявке, предпочтительно, чтобы осевая высота каждого зазора Ga составляла около 10,0 мкм при нахождении кронштейна 170 аккумуляторной батареи в нейтральном положении в наружном корпусе 101. Как будет описано более подробно ниже, зазор Ga позволяет наружному корпусу 101 перемещаться в осевом направлении относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи, когда диски 156 смещающих элементов 152, 162 изгибаются, но максимальное относительное осевое перемещение ограничено расстоянием, соответствующим размеру зазора Ga. Поэтому стойки 176 функционируют как ограничители осевого перемещения или стопоры, при этом наружный корпус 101 может перемещаться в осевом направлении вниз относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи до тех пор, пока смещающий элемент 156 не придет в контакт со стойками 176, продолжающимися от верхней стенки 171, и наружный корпус 101 может перемещаться в осевом направлении вверх относительно кронштейна 170 аккумуляторной батареи до тех пор, пока смещающий элемент 162 не придет в контакт со стойками 176, продолжающимися от нижней стенки 172. Минимальная осевая высота зазора Gg между концами 127b, 143b световодов 127, 143, соответственно, больше нуля, когда стойки 176, продолжающиеся от стенки 171, упираются по оси в смещающий элемент 152, вследствие чего предотвращается контакт концов 127, 143b друг с другом.

[067] Что касается теперь фиг. 7, 8 и 11, то корпусная деталь 173 имеет боковые стороны 173a, 173b, продолжающиеся в осевом направлении между стенками 171, 172 и полуцилиндрической радиально внутренней поверхностью 177, продолжающейся по окружности между сторонами 173a, 173b. Поверхность 177 образует приемник 178, имеющий размеры и форму, обеспечивающие размещение с возможностью удаления аккумуляторной батареи 190. Окно приемника 178, находящееся по радиусу напротив поверхности 177, по окружности выровнено относительно прямоугольных выемок 174 стенок 171, 172. Заплечик 179a расположен на всем протяжении и продолжается по радиусу внутрь от поверхности 177. Заплечик 179a расположен в осевом направлении вблизи стенки 172 и продолжается по окружности между сторонами 173a, 173b. Множество разнесенных по оси лепестков 179b расположены вдоль каждой стороны 173a, 173b. Лепестки 179b протянуты по окружности от сторон 173a, 173b. Как лучше всего показано на фиг. 11, аккумуляторная батарея 190 установлена в приемнике 178 напротив

поверхности 177 и расположена в осевом направлении между стенкой 171 и заплечиком 179a, который ограничивает и/или предотвращает осевое перемещение аккумуляторной батареи 190 относительно кронштейна 170. Для согласования с тепловым расширением аккумуляторной батареи 190 и учета допусков (например, допуска на длину аккумуляторной батареи 190) предпочтительно, чтобы осевое расстояние между стенкой 171 и заплечиком 179a было больше, чем длина аккумуляторной батареи 190 и не более чем на 2,0 мм больше, чем длина аккумуляторной батареи 190, а более предпочтительно не более чем на 1,0 мм больше, чем длина аккумуляторной батареи 190, а еще более предпочтительно приблизительно на 0,5 мм больше, чем длина аккумуляторной батареи 190. Лепестки 179b продолжаются по окружности вокруг аккумуляторной батареи 190, вследствие чего аккумуляторная батарея 190 удерживается внутри приемника 178. Лепестки 179b представляют собой упругие элементы, которые могут изгибаться в радиальном направлении наружу для прохождения аккумуляторной батареи 190 между ними во время ввода аккумуляторной батареи 190 в приемник 178 или удаления из нее.

[068] Что касается теперь фиг. 7-11, то, как описывалось ранее, сенсорный элемент 180 представляет собой плоский диск, расположенный во фланце 161 вместе с кнопкой 164 и выступом 166, соприкасающимся с верхней поверхностью элемента 180, заплечиком 117 и пальцами 163, соприкасающимися с нижней поверхностью элемента 180. Радиально внешняя периферия элемента 180 обычно удерживается неподвижной относительно наружного корпуса 101, однако центральный участок элемента 180 выдерживает вес кронштейна 170 аккумуляторной батареи и компонентов, установленных на нем, и кроме того, может быть отклонен кнопкой 164. В этом варианте осуществления сенсорный элемент 180 выполнен в виде металлического диска (например, латунного), имеющего один или несколько слоев пьезоэлектрического керамического материала (например, цирконата-титаната свинца (ЦТС)), расположенных на нем. Когда механическое напряжение прикладывается к сенсорному элементу 180 вследствие деформирования или отклонения, пьезоэлектрический керамический материал образует электрический потенциал (благодаря пьезоэлектрическому эффекту). Сенсорный элемент 180 электрически соединен со схемной платой 195 проводами, так что электрический потенциал, образуемый пьезоэлектрическим керамическим материалом, обнаруживается и измеряется электроникой, размещенной на схемной плате 195, и сохраняется в запоминающем устройстве на схемной плате 195.

[069] Что касается теперь фиг. 12 и 13, то аккумуляторная батарея 190 имеет цилиндрическую форму и соединена со схемной платой 195 парой лепестков 191. В частности, лепестки 191 расположены на концах аккумуляторной батареи 190 и приварены к аккумуляторной батарее 190. Лепестки 191 изготовлены из металла (например, из никелированной нержавеющей стали или никелированной стали) и обеспечивают как физическое, так и электрическое соединение между аккумуляторной батареей 190 и схемной платой 195. Таким образом, лепестки 191 обеспечивают условия для снабжения энергией схемной платы 195 от аккумуляторной батареи 190 и выполнения

различных функций компонентами платы 195 в течение сейсморазведочных работ и позволяют плате 195 снабжать энергией аккумуляторную батарею 190 во время индуктивной зарядки.

[070] В таком варианте осуществления каждый лепесток 191 является таким же, как другой. Более конкретно, каждый лепесток 191 образован из относительно тонкого листового металла. Лист штампуют и затем изгибают так, чтобы каждый лепесток 191 включал в себя в основном плоское основание 192, пару опор 193, выступающих перпендикулярно от боковых сторон основания, и зубец 194, выступающий от каждой опоры 193. Каждое основание 192 расположено заподлицо с соответствующим концом аккумуляторной батареи 190 и припаяно к нему. Зубец 194 каждого лепестка протянут через схемную плату 105 и припаян.

[071] Что касается теперь фиг. 3 и 11, то аккумуляторную батарею 190 и схемную плату 195 жестко соединяют с лепестками 191 и затем, как описывалось ранее, этот узел соединяют с возможностью освобождения с кронштейном 170 аккумуляторной батареи при размещении аккумуляторной батареи 190 в приемнике 178, при этом плату 195 выравнивают по окружности относительно выемок 174. Поэтому, когда аккумуляторную батарею 190 располагают в приемнике 178, концы платы 195 располагают в выемках 174. При расположении схемной платы 195 в выемках 174 плату 195 располагают на расстоянии от корпуса 101, вследствие чего уменьшают возможность случайного контакта или соприкосновения с корпусом 101. Кроме того, боковые стороны выемок 174 предотвращают поворот соединенных схемной платы 195 и аккумуляторной батареи 190 относительно держателя 140.

[072] В этом варианте осуществления аккумуляторная батарея 190 коаксиально выровнена относительно держателя 140 и корпуса 101. Как будет описано более подробно ниже, в течение сейсморазведочных работ наружный корпус 101 и соединительные элементы 150, 160 совершают в осевом направлении возвратно-поступательное движение относительно аккумуляторной батареи 190, схемной платы 195 и кронштейна 170 аккумуляторной батареи в ответ на вибрации, наводимые сейсмическими волнами. Поэтому в этом варианте осуществления аккумуляторная батарея 190, плата 195 и кронштейн 170 аккумуляторной батареи совместно образуют ускоряемую массу датчика 100. Лепестки 191 рассчитаны и выполнены с учетом обеспечения жесткости и прочности, достаточной для предотвращения перемещения в осевом направлении аккумуляторной батареи 190 и схемной платы 195 относительно друг друга. В частности, основания 192 обычно ориентированы перпендикулярно к осям 105, 145. Поскольку основания 192 являются относительно тонкими в осевом направлении, они могут быть предрасположены к изгибанию в осевом направлении. Однако опоры 193 ориентированы перпендикулярно к соответствующему основанию 192 (например, параллельно осям 105, 145) и поэтому повышается жесткость и прочность оснований 192 в осевом направлении, вследствие чего ограничивается и/или предотвращается изгибание оснований 192.

[073] Схемная плата 195 включает в себя электронные схемы датчика 100.

Электронные схемы соединены с сенсорным элементом 180 и предназначены для обработки выходных сигналов сенсорного элемента 180, например усиления, дискретизации, передачи и/или сохранения выходных сигналов сенсорного элемента 180. Кроме того, светодиод 196 и фотодиод 197 установлены на схемной плате 195 и соединены с электронными схемами. Светодиод 196 и фотодиод 197 расположены вблизи друг друга на передней поверхности схемной платы 195 вплотную к концу 143a световода 143. Верхняя часть 121, световоды 127, 143, светодиод 196 и фотодиод 197 совместно обеспечивают двунаправленную передачу данных к схемной плате 195 и от нее. В частности, устройство с наружной стороны датчика 100 может поддерживать беспроводную связь со схемной платой 195 путем передачи света от внешнего устройства через верхнюю часть 121 и по световоду 127 к концу 127b, через зазор Gg от конца 127b к концу 143b, по световоду 143 к концу 143a и через зазор между концом 143a и фотодиодом 197 к фотодиоду 197; а схемная плата 195 может поддерживать беспроводную связь с внешним устройством путем передачи света от светодиода 196 через зазор между светодиодом 196 и концом 143a к световоду 143, по световоду 143 к концу 143b, через зазор Gg от конца 143b к концу 127b и по световоду 127 и через верхнюю часть 121 к внешнему устройству.

[074] Во время сейсморазведочных работ множество датчиков 100 располагают на или в земной поверхности (например, на месте датчиков 64, 66, 68 в системе 50). Например, каждый датчик 100 может быть прикреплен к штырю, который помещают в грунт. В ином случае весь датчик 100 может быть заглублен или помещен на глубину в шпур. Независимо от связи датчиков 100 с грунтом каждый датчик 100 предпочтительно располагать, ориентируя ось 105 в основном в вертикальном направлении. Смещающие элементы 152, 162 изгибаются под действием веса ускоряемой массы (например, веса узла аккумуляторной батареи 190, платы 195 и кронштейна 170 аккумуляторной батареи), вследствие чего вес ускоряемой массы передается к сенсорному элементу 180 через посредство кнопки 164.

[075] Вступление продольной сейсмической волны вызывает перемещение и возвратно-поступательное движение наружного корпуса 101 и компонентов, жестко прикрепленных к нему (например, узла 130 катушки, корпусной детали 151, и монтажного фланца 153 верхнего соединительного элемента 150, и монтажного фланца 161 нижнего соединительного элемента 160), в основном в вертикальном направлении. Инертность ускоряемой массы внутри наружного корпуса 101 (например, узла аккумуляторной батареи 190, платы 195 и кронштейна 170 аккумуляторной батареи) является причиной воздержания перемещения ускоряемой массы вместе с перемещением наружного корпуса 101 и следовательно, имеется осевое перемещение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы, что обеспечивается смещающими элементами 152, 162, стенками 171, 172 и стойками 176. Это перемещение вызывает изгибание или отклонение смещающих элементов 152, 162. Кнопка 164 надавливает на сенсорный элемент 180 с датчиком 100 в неподвижном состоянии и в течение приема сейсмических волн. Поэтому при отклонении

смещающих элементов 152, 162 изменяется нагрузка, прикладываемая к сенсорному элементу 180 кнопкой 164. Осевое возвратно-поступательное движение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы обычно продолжается, когда продольная сейсмическая волна проходит сквозь датчик 100.

[076] Во время осевых возвратно-поступательных движений наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы сенсорный элемент 180 циклически отклоняется кнопкой 164. Как описывалось ранее, когда механическое напряжение прикладывается к сенсорному элементу 180 вследствие деформирования или отклонения кнопкой 164, пьезокерамический керамический материал образует электрический потенциал (благодаря пьезоэлектрическому эффекту). Электрический потенциал подается по проводам на схемную плату 195, где он обнаруживается и может дискретизироваться и сохраняться в запоминающем устройстве в виде величины амплитуды сейсмической вибрации. Как описывалось ранее, данные, сохраняемые в запоминающем устройстве на схемной плате 195, могут быть переданы с помощью светодиода 196, световодов 127, 143 и верхней части 121 к внешнему устройству для дальнейшего рассмотрения и анализа.

[077] Как описывалось ранее, схемная плата 195 образует часть ускоряемой массы, относительно которой наружный корпус 101 перемещается в осевом направлении во время сейсморазведки. Таким образом, наружный корпус 101 перемещается в осевом направлении относительно светодиода 196 и фотодиода 197 на схемной плате 195. Двухкомпонентный световодный узел, включающий световоды 127, 143, обеспечивает двунаправленную передачу к схемной плате 195 и от нее несмотря на осевое перемещение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы, связанных светодиода 196 и фотодиода 197. В частности, зазор Gg позволяет световодам 127, 143 перемещаться относительно друг друга, когда световод 127 перемещается в осевом направлении вместе с наружным корпусом 101 и световод 143 перемещается в осевом направлении вместе со стойкой 141. Таким образом, конец 143a остается выровненным относительно светодиода 196 и фотодиода 197 в течение осевого перемещения наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы. Коаксиальное выравнивание световода 127, участка 144b световода 143 и наружного корпуса 101 (включая крышку 120) гарантирует выравнивание концов 127b, 141b и позволяет передавать свет по световодам 127, 143 независимо от относительного осевого перемещения. Кроме того, коаксиальное выравнивание световода 127 и участка 144b световода 143 относительно центра крышки 120 позволяет передавать свет по световодам 127, 143 и через крышку 120 независимо от угловой ориентации крышки 120 относительно держателя 140. Кроме того, следует понимать, что L-форма световода 143 позволяет передавать свет к фотодиоду 197 и светодиоду 196 и от них, соответственно, которые обычно обращены в радиальном направлении (обычно обращены к оси 105), и в то же время гарантирует коаксиальное и центрированное выравнивание крышки 120, световода 127 и участка 144b. В вариантах осуществления, описанных в этой заявке, в световодных узлах используется передача света с помощью полного внутреннего отражения (ПВО), известного в данной области техники. Без ограничения этим или любой

конкретной теорией применительно к световодным узлам, описанным в этой заявке, которые изготовлены из прозрачного поликарбоната, свет, падающий на внутреннюю стенку световодного узла под углом меньше чем около 43°, отражается изнутри. Однако следует понимать, что угол падения, приводящий к внутреннему отражению, может зависеть от ряда факторов, в том числе от материала световодного узла.

[078] Как описывалось ранее, смещающие элементы 152, 162 обеспечивают в основном свободное осевое перемещение ускоряемой массы относительно наружного корпуса 101. В положении покоя кнопка 164 находится в зацеплении с сенсорным элементом 180 и кроме того, сенсорный элемент 180 поддерживает большую часть или по существу весь вес аккумуляторной батареи 190. Следовательно на сенсорный элемент 180 воздействует напряжение при нахождении ускоряемой массы в состоянии покоя. При осевом возвратно-поступательном движении наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы на сенсорный элемент 180 воздействует возрастающее и понижающееся напряжение. Вариации напряжения, испытываемые сенсорным элементом 180, используются для обнаружения и измерения сейсмических волн. Однако следует понимать, что при чрезмерном напряжении керамический материал сенсорного элемента 180 может повреждаться. В соответствии с этим максимальное осевое перемещение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы ограничено для защиты сенсорного элемента 180 и предотвращения чрезмерного нагружения его. Как описывалось ранее, в варианте осуществления датчика 100, показанного и описанного выше, максимальное осевое перемещение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы регулируется и ограничивается стойками 176. Кроме того, как описывалось ранее, смещающие элементы 152, 162 смещают ускоряемую массу в центральное положение, коаксиально выровненное относительно наружного корпуса 101. В результате этого ускоряемая масса отстоит в радиальном направлении от наружного корпуса 101 и обычно перемещение ее в радиальном направлении относительно наружного корпуса 101 ограничено. Следовательно, перемещение наружного корпуса 101 относительно ускоряемой массы происходит преимущественно в осевом направлении и кроме того, ускоряемая масса не препятствует и не мешает осевому перемещению наружного корпуса 101. Следует понимать, что зазор Gr также ограничивает относительное радиальное перемещение наружного корпуса 101 и ускоряемой массы, что гарантирует преимущественно осевое перемещение.

[079] Хотя в этом варианте осуществления датчика 100 щели 157, имеющие спиральные геометрии, используются для повышения гибкости диска 156 и смещающего элемента 152, 162, в других вариантах осуществления другие подходы могут использоваться для повышения гибкости диска. Например, могут использоваться щели, имеющие другие геометрии (например, проходящие по радиусам щели в противоположность спиральным щелям). В другом примере диск каждого смещающего элемента (например, диск 156 каждого смещающего элемента 152, 162) включает в себя проходящие по радиусам перекладины или перегородки, продолжающиеся между

внешней периферией диска и центральным участком диска, вследствие чего образуется множество разнесенных по окружности радиальных щелей в диске между каждой парой соседних перекладин. В еще одном примере различные материалы могут использоваться для образования диска или же толщина и геометрия диска может быть изменена (примером является более тонкий диск) и т.д. Используемый в этой заявке термин «щель» может использоваться в общем случае для обозначения прорези или отверстия и поэтому не должен интерпретироваться как относящийся к конкретной геометрии прорези или отверстия, если это особо не оговорено.

[080] Теперь с присоединением фиг. 14-21 будет описан второй вариант осуществления сейсмического датчика 200. Во втором варианте осуществления электрические соединения между аккумуляторной батареей и электронными схемами являются гибкими и функционируют аналогично смещающим элементам 152, 162, описанным ранее. В большинстве случаев сейсмический датчик 200 может быть использован в любой сейсморазведочной системе. Например, датчик 200 может быть использован в качестве любого одного или большего количества датчиков 64, 66, 68 сейсморазведочной системы 50, показанной на фиг. 1 и описанной выше. Хотя датчик 200 может быть использован в наземной сейсморазведочной системе, сейсморазведочной системе для переходной зоны или морской сейсморазведочной системе, он особенно пригоден для наземных сейсмических исследований и сейсморазведочных систем для переходной зоны.

[081] Что касается теперь фиг. 14-16, то в этом варианте осуществления сейсмический датчик 200 включает в себя наружный корпус 201, узел 230 индуктивной катушки, расположенный внутри корпуса 201, держатель 240, расположенный в корпусе 201, и сенсорный элемент 180, расположенный внутри корпуса 201 и соединенный с держателем 240. Электронные схемы 195 жестко прикреплены к держателю 240 внутри корпуса 201, однако аккумуляторная батарея 190 выполнена с возможностью осевого перемещения относительно корпуса 201, держателя 240 и схем 195. Сенсорный элемент 180, аккумуляторная батарея 190 и схемы 195 датчика 200 являются такими же, как описанные ранее в отношении датчика 100. Поэтому электронные схемы 195 образованы в виде схемной платы (например, печатной схемной платы).

[082] Корпус 201 является по существу таким же, как корпус 101, ранее описанный. В частности, корпус 201 имеет центральную или продольную ось 205, первый или верхний конец 201a, второй или нижний конец 201b и внутреннюю камеру или полость 202. Концы 201a, 201b закрыты и внутренняя полость 202 герметизирована и изолирована от окружающей среды с наружной стороны датчика 200, вследствие чего обеспечивается защита чувствительных компонентов, расположенных внутри корпуса 201, от окружающей среды (например, воды, грязи и т.д.). Кроме того, корпус 201 включает в себя в основном чашеобразную основную часть 210 и перевернутую чашеобразную крышку 220, жестко прикрепленную к основной части 210.

[083] Основная часть 210 имеет центральную или продольную ось 215,

коаксиально совмещенную с осью 205, первый или верхний конец 210a и второй или нижний конец 210b, образующий нижний конец 201b корпуса 201. Кроме того, основная часть 210 включает в себя основание 211 на нижнем конце 210b и трубчатую втулку 212, продолжающуюся в осевом направлении вверх от основания 211 до верхнего конца 110a. Основание 211 закрывает втулку 212 на нижнем конце 210b, однако втулка 212 и основная часть 210 открыты на верхнем конце 210a. В результате этого основная часть 210 включает в себя приемник 213, продолжающийся в осевом направлении от верхнего конца 210a к основанию 211. Приемник 213 образует часть внутренней полости 202 корпуса 201. Как лучше всего показано на фиг. 15 и 19, нижний конец приемника 213 в осевом направлении прилегает к основанию 211, основная часть 210 включает в себя обращенный вверх кольцевой плоский заплечик 214, прилегающий по радиусу к втулке 212, и обращенную вверх круговую плоскую поверхность 216, концентрически расположенную внутри заплечика 214. Выемка 217 образована вдоль участка заплечика 214. Как будет описано более подробно ниже, открытый верхний конец 210a закрыт крышкой 220.

[084] В этом варианте осуществления основная часть 210 наружного корпуса 201 включает в себя пару соединителей 218a, 218b. Соединитель 218a расположен на основании 211 и соединитель 218b расположен вдоль втулки 212. Соединитель 218a включает в себя прямоугольное сквозное отверстие 219a, продолжающееся по радиусу через него и отверстие 219b, продолжающееся в осевом направлении от нижнего конца 210b до сквозного отверстия 219a. Отверстие 219b имеет внутреннюю резьбу и в него ввинчен снабженный внешней резьбой конец штыря, используемого для прикрепления датчика 200 к грунту. Сквозное отверстие 219a позволяет прикреплять к датчику 200 трос или что-либо подобное для хранения или развертывания. В частности, трос может быть сложен вдвое и пропущен через отверстие 219a. Поэтому отверстие 219a имеет ширину, равную по меньшей мере удвоенному диаметру троса. Петлю, образованную участком сложенного троса, протягивают через отверстие 219a и затем располагают вокруг датчика 200. Таким способом множество датчиков можно присоединять к одному тросу без фалрепов, крюков или других механизмов, которые могут усложнять обращение с многочисленными датчиками.

[085] Соединитель 218b расположен вдоль внешней поверхности втулки 212 вблизи верхнего конца 201a. В общем случае соединитель 218b представляет собой альтернативное средство для обращения с датчиком 200 во время развертывания и извлечения. В этом варианте осуществления соединитель 218b представляет собой проушину или сквозное отверстие, в котором может быть закреплен с возможностью освобождения трос, фал, крюк, карабин или что-либо подобное. Кроме того, соединитель 218b можно использовать аналогично сквозному отверстию 219a, при этом трос складывают вдвое и вставляют в отверстие соединителя 218b. Поэтому отверстие соединителя 218a имеет ширину, равную по меньшей мере удвоенному диаметру троса. Петлю, образованную участком сложенного троса, пропускают через отверстие соединителя 218b и затем располагают вокруг датчика 200. Таким образом множество

датчиков 200 можно присоединять к одному тросу без фалрепов, крюков или других механизмов, которые могут усложнять обращение с многочисленными датчиками. В этом варианте осуществления вся основная часть 110 (в том числе основание 211 и втулка 212) изготовлена литьем под давлением.

[086] Что касается все еще фиг. 14-16, то крышка 220 имеет центральную или продольную ось 225, коаксиально совмещенную с осью 205, первый или верхний конец 220a, образующий верхний конец 201a корпуса 201, и второй или нижний конец 220b. В этом варианте осуществления крышка 220 имеет обычную форму перевернутой крышки. В частности, крышка 220 включает в себя плоскую цилиндрическую верхнюю часть 221 на верхнем конце 220a и трубчатую втулку 222, продолжающуюся в осевом направлении вниз от верхней части 221 к нижнему концу 220b. Верхняя часть 221 закрывает втулку 222 на верхнем конце 220a, однако втулка 222 и крышка 220 открыты на нижнем конце 220b. В результате этого крышка 220 включает в себя внутреннюю камеру или полость 223, продолжающуюся в осевом направлении от нижнего конца 220b к верхней части 221. Кольцевой фланец 226 продолжается по радиусу наружу от втулки 222 вблизи нижнего конца 220b. Кольцевая выемка 227 предусмотрена вдоль нижней поверхности фланца 226.

[087] Как лучше всего показано на фиг. 15 и 16, крышка 220 жестко прикреплена к основной части 210. В частности, крышка 220 коаксиально выровнена относительно основной части 210, при этом нижний конец 220b крышки 220 расположен в пределах верхнего конца 210a основной части 210 и верхний конец 210a основной части 210 расположен в кольцевой выемке 227 фланца 226. Основная часть 210 и крышка 220 имеют такие размеры, что посадка с натягом обеспечивается между нижним концом 220b крышки 220 и верхним концом 210a основной части 210 и посадка с натягом обеспечивается между верхним концом 210a основной части 210 и выемкой 227. В этом варианте осуществления основная часть 210 и крышка 220 изготовлены из одного и того же материала (поликарбоната) и поэтому могут быть приварены ультразвуком друг к другу для обеспечения жесткого прикрепления крышки 220 к основной части 210. Более конкретно, кольцевой сварной шов $W_{210\text{-}220}$ образован ультразвуковой сваркой между противоположными радиально внешней поверхностью и радиально внутренней поверхностью втулок 222, 212, соответственно, на концах 220b, 220a. Сварной шов $W_{210\text{-}220}$ образует кольцевое уплотнение между крышкой 220 и основной частью 210, которое предотвращает движение текучей среды между полостями 213, 223 и средой, окружающей датчик 200.

[088] Что касается все еще фиг. 15 и 16, то узел 230 индуктивной катушки используется для индуктивной зарядки аккумуляторной батареи 190 с наружной стороны датчика 200 (например, беспроводной). В этом варианте осуществления узел 230 катушки является по существу таким же, как узел 130 индуктивной катушки, описанный ранее, за исключением того, что узел 230 катушки не включает в себя защелок 137 или направляющих 138. Таким образом, узел 230 катушки включает в себя кольцевой каркас 131 и катушку 136, намотанную вокруг каркаса 131. Каркас 131 расположен вокруг

верхнего участка держателя 240. Катушка 136 электрически соединена со схемной платой 195 проводами (непоказанными), которые обеспечивают передачу тока к схемной плате 195, которая в свою очередь заряжает аккумуляторную батарею 190 по время зарядки.

[089] В этом варианте осуществления держатель 240 поддерживает схемную плату 195 и световод 228 внутри основной части 210 наружного корпуса 201 и кроме того, держатель 240 оказывает воздействие на сенсорный элемент 180 в ответ на вибрации, наводимые сейсмическими волнами. Однако в отличие от датчика 100, ранее описанного, в этом варианте осуществления аккумуляторная батарея 190 расположена с возможностью перемещения внутри держателя 240. В частности, держатель 240, схемная плата 195 и световод 228 жестко прикреплены к наружному корпусу 201 и не перемещаются относительно наружного корпуса 210, однако аккумуляторная батарея 190 соединена с возможностью перемещения с держателем 240 и поэтому аккумуляторная батарея 190 может перемещаться в осевом направлении относительно держателя 240, схемной платы 195, световода 228 и наружного корпуса 201.

[090] Как лучше всего показано на фиг. 15 и 16, держатель 240 имеет центральную или продольную ось 245, коаксиально совмещенную с осью 205, первый или верхний конец 240a, протянутый через узел 230 индуктивной катушки, и второй или нижний конец 240b, прилегающий в осевом направлении к основанию 211, и радиально внешнюю поверхность 241, продолжающуюся в осевом направлении от верхнего конца 240a к нижнему концу 240b. Внешняя поверхность 241 находится в зацеплении со скольжением с внутренней поверхностью наружного корпуса 201 между концами 240a, 240b. В частности, внешняя поверхность 241 включает в себя первую цилиндрическую поверхность 241a вблизи верхнего конца 240a, вторую цилиндрическую поверхность 241b, прилегающую в осевом направлении к поверхности 241a, и третью цилиндрическую поверхность 241c, прилегающую в осевом направлении к поверхности 241b и продолжающуюся в осевом направлении от нижнего конца 240b. Таким образом, цилиндрическая поверхность 241b расположена в осевом направлении между поверхностями 241a, 241c. Поверхности 241a, 241b, 241c расположены на различных радиусах, поверхность 241a расположена на меньшем радиусе, чем поверхность 241b, а поверхность 241b расположена на меньшем радиусе, чем поверхность 241c. Поэтому обращенные вверх плоские кольцевые заплечики продолжаются по радиусам между каждой парой прилегающих в осевом направлении поверхностей 241a, 241b, 241c. Поверхность 241a продолжается на протяжении цилиндрической внутренней поверхности каркаса 131 и находится в зацеплении с ней со скольжением, поверхность 241b расположена внутри крышки 220 и находится в зацеплении со скольжением с ее цилиндрической внутренней поверхностью и поверхность 241c расположена внутри втулки 212 и находится в зацеплении со скольжением с ее цилиндрической внутренней поверхностью. Радиальным зацеплением этих поверхностей предотвращается радиальное или боковое перемещение держателя 240 относительно наружного кожуха 201. В этом варианте осуществления цилиндрическая внутренняя поверхность втулки 212 включает в

себя пару проходящих в осевом направлении планок, которые находятся в зацеплении со скольжением с парой проходящих в осевом направлении сопряженных выемок, предусмотренных на внешней поверхности 241c. Зацеплением этих сопряженных планок и выемок предотвращается поворот держателя 240 вокруг оси 205 относительно наружного корпуса 201.

[091] Хотя поверхности 241a, 241b, 241c из внешней поверхности 241 описаны как являющиеся цилиндрическими, следует понимать, что внешняя поверхность 241 держателя 240 может включать в себя полости или выемки (например, для уменьшения веса, для облегчения изготовления литьем под давлением и т.д.). Кроме того, внешняя поверхность 241 включает в себя плоскую поверхность 242, продолжающуюся в осевом направлении от верхнего конца 240a к нижнему концу 240b. Плоская поверхность 242 ориентирована параллельно оси 245, смещена по радиусу от оси 245 и представляет собой поверхность, на которой может быть установлена схемная плата 195. Помимо изложенного выше внешняя поверхность 241 находится в зацеплении со скольжением с каждым элементом из крышки 211, втулки 212 и каркаса 131 на протяжении углового расстояния по меньшей мере 180°, измеряемого вокруг осей 205, 245, что предотвращает радиальное и боковое перемещение держателя 240 относительно наружного корпуса 201.

[092] Держатель 240 имеет осевую длину, которая является по существу такой же, как осевая длина полости 223. При этом верхний конец 240a находится в зацеплении с верхней частью 221 крышки 220 и нижний конец 240b герметизирован относительно сенсорного диска 180, который в свою очередь поддерживается заплечиком 214. Более конкретно, держатель 240 прижат по оси между крышкой 220 и наружным корпусом 210. В результате этого держатель 240 не может перемещаться в осевом направлении относительно наружного корпуса 201.

[093] Что касается все еще фиг. 15 и 16, то держатель 240 включает в себя выемку или карман 244, который продолжается по радиусу внутрь от внешней поверхности 214, и в частности, от плоской поверхности 242. Карман 244 задается верхней торцевой поверхностью 246, нижней концевой поверхностью 247 и цилиндрической поверхностью 248, продолжающейся в осевом направлении между торцевыми поверхностями 246, 247. Аккумуляторная батарея 190 расположена в кармане 244, но не соприкасается с держателем 240. В частности, размеры кармана 244 больше, чем размеры аккумуляторной батареи 190 (например, радиус поверхности 248 больше, чем внешний радиус аккумуляторной батареи 190, а осевое расстояние между торцевыми поверхностями 246, 247 больше, чем длина аккумуляторной батареи 190). В этом варианте осуществления аккумуляторная батарея 190 ориентирована параллельно осям 205, 245, но по радиусу несколько смещена от осей 205, 245. В частности, центральная ось аккумуляторной батареи 190 смещена по радиусу от осей 205, 245 на примерно от 1,0 до 1,5 мм.

[094] Что касается теперь фиг. 15-20, то кольцевая выемка 250 продолжается по радиусу наружу от кармана 244 и к поверхности 248 вблизи верхней торцевой поверхности 246, а кольцевая выемка 252 продолжается по радиусу наружу от кармана

244 и к поверхности 248 вблизи нижней торцевой поверхности 247. Как лучше всего показано на фиг. 18 и 20, прямоугольное отверстие 252 продолжается по радиусу от выемки 250 и поверхности 248 к внешней поверхности 241c вблизи верхней торцевой поверхности 246, а прямоугольное отверстие 252 продолжается по радиусу от выемки 251 и поверхности 248 к внешней поверхности 241c вблизи нижней торцевой поверхности 247. Как лучше всего показано на фиг. 17 и 18, торцевая поверхность 246 расположена в осевом направлении выше выемки 250 и отверстия 252, и как лучше всего показано на фиг. 19 и 20, торцевая поверхность 247 расположена в осевом направлении ниже выемки 251 и отверстия 253.

[095] Что касается теперь фиг. 16 и 18, то удлиненный криволинейный L-образный световод 228 жестко прикреплен к держателю 240. В этом варианте осуществления световод 228 выполнен за одно целое с держателем 240. Световод 228 имеет первый конец 228a вблизи схемной платы 195, второй конец 228b, находящийся в зацеплении с верхней частью 221 или непосредственно прилегающий к ней, первый или горизонтальный участок 229a, продолжающийся по радиусу от конца 228a, второй или вертикальный участок 229b, продолжающийся в осевом направлении от конца 143b, и является по существу криволинейным или согнутым на 90°, продолжающимся между участками 229a, 229b. Горизонтальный участок 229a продолжается на протяжении поверхности 241a и вертикальный участок 229b продолжается до верхнего конца 240a. Кроме того, вертикальный участок 229b коаксиально выровнен относительно держателя 240 и корпуса 201. Как будет описано более подробно ниже, по световоду 228 беспроводным способом передаются данные на схемную плату 195 через верхнюю часть 221. Для содействия передаче света световод 228 и верхняя часть 221 изготовлены из прозрачного материала. В этом варианте осуществления вся крышка 220 (в том числе верхняя часть 221 и втулка 222) и световод 228 изготовлены из прозрачного поликарбоната.

[096] Что касается теперь фиг. 19 и 20, то в основном круговая выемка 260 предусмотрена на нижнем конце 240b держателя 240. Выемка 260 коаксиально выровнена относительно аккумуляторной батареи 190 и кармана 244 и имеет радиус, который несколько меньше, чем радиус держателя 240 на нижнем конце 240b. В результате этого нижний конец 240b держателя 240 является обращенной вниз круговой плоской поверхностью. Выемка 260 продолжается в осевом направлении от нижнего конца 240b к кольцевому фланцу 261, расположенному в осевом направлении между выемкой 260 и карманом 244. Плоская верхняя поверхность фланца 261 образует нижнюю торцевую поверхность 247 кармана 244, а плоская нижняя поверхность фланца 261 образует верхний конец выемки 260. Центральное сквозное отверстие 262 продолжается в осевом направлении через фланец 261, а цилиндрическая стойка 263 коаксиально расположена в сквозном отверстии 262. Выемка 260, сквозное отверстие 262 и стойка 263 коаксиально выровнены относительно аккумуляторной батареи 190. Тонкий стержень или пластина 264 продолжается между стойкой 263 и фланцем 261, вследствие чего стойка 263 поддерживается на месте в сквозном отверстии 262. Как будет описано более подробно

ниже, стойка 263 может свободно перемещаться в осевом направлении в сквозном отверстии 262, когда наружный корпус 201 и держатель 240 совершают возвратно-поступательное движение в осевом направлении. Тонкий стержень, протянутый между стойкой 263 и фланцем 261, не препятствует осевому перемещению наружного корпуса 201 и держателя 240 относительно стойки 263. Хотя в этом варианте осуществления стойка 263 соединена с фланцем 261 тонким стержнем или пластиной, в других вариантах осуществления стойка (например, стойка 263) не соединена с фланцем, а вместо этого прикреплена к лепестку аккумуляторной батареи (например, лепестку 290, описанному более подробно ниже) или к сенсорному элементу 180.

[097] Что касается теперь фиг. 16, 19 и 20, то сенсорный элемент 180 представляет собой плоский диск, расположенный в осевом направлении между нижним концом 240b и заплечиком 214. Конец 240b и заплечик 214 расположены на одном и том же радиусе и находятся в зацеплении с радиально внешней периферией верхней и нижней поверхностей элемента 180, соответственно. Кроме того, стойка 263 находится в зацеплении с центром верхней поверхности сенсорного элемента 180. Поэтому внешняя периферия сенсорного элемента 180 прижата и фиксирована на месте между концом 240b и заплечиком 214. Таким образом, радиально внешняя периферия элемента 180 обычно удерживается неподвижной относительно корпуса 201 и держателя 240, однако центральный участок элемента 180 может отклоняться стойкой 263. Плоская поверхность 216 расположена в осевом направлении ниже сенсорного элемента 180 (например, имеется зазор между плоской поверхностью 216 и сенсорным элементом 180), вследствие чего стойка 263 имеет возможность отклонять или изгибать центральный участок элемента 180. Как описывалось ранее, сенсорный элемент 180 изготовлен из металлического диска (например, латунного), имеющего один или несколько слоев пьезоэлектрического керамического материала (например, цирконата-титаната свинца (ЦТС)), расположенных на нем. Когда механическое напряжение, обусловленное деформацией или отклонением, прикладывается к сенсорному элементу 180, пьезоэлектрический керамический материал образует электрический потенциал (благодаря пьезоэлектрическому эффекту). Сенсорный элемент 180 электрически соединен со схемной платой 195 проводами, так что электрический потенциал, образуемый пьезоэлектрическим керамическим материалом, обнаруживается и измеряется электроникой, размещенной на схемной плате 195, и сохраняется в запоминающем устройстве на схемной плате 195. Поскольку при осевом перемещении сенсорного элемента 180 относительно стойки 263, когда стойка 263 находится в зацеплении с сенсорным элементом 180, в сенсорном элементе 180 наводится напряжение, в дальнейшем стойка 263 может также называться толкателем или исполнительным механизмом.

[098] Что касается теперь фиг. 16, 18 и 21, то аккумуляторная батарея 190 имеет цилиндрическую форму и соединена со схемной платой 195 парой лепестков 290. В частности, лепестки 290 расположены на концах аккумуляторной батареи 190 и подпружинены для прижатия в осевом направлении аккумуляторной батареи 190 между

ними. Лепестки 290 изготовлены из металла (например, стали) и обеспечивают как физическое, так и электрическое соединение между аккумуляторной батареей 190 и схемной платой 195. Поэтому лепестки 290 обеспечивают условия для снабжения схемной платы 195 энергией от аккумуляторной батареи 190 и выполнения различных функций компонентами платы 195 в течение сейсморазведочных работ и позволяют плате 195 снабжать энергией аккумуляторную батарею 190 во время индуктивной зарядки.

[099] В этом варианте осуществления каждый лепесток 290 представляет собой упругий полужесткий элемент, с помощью которого аккумуляторная батарея 190 поддерживается внутри кармана 244 держателя 240. Как лучше всего показано на фиг. 21, каждый лепесток 290 содержит диск 291, множество зубцов 292, выступающих вбок от диска 291, и соединитель 293, выступающий по радиусу от диска 291. Как лучше всего показано на фиг. 21, диск 291 имеет полуцилиндрическую форму с прямолинейной кромкой 291a и полукруговой кромкой 291b, продолжающейся от кромки 291a. Зубцы 292 выступают от кромки 291a и соединитель 293 выступает от полукруговой кромки 291b на противоположной стороне относительно зубцов 292.

[100] Для ясности и дальнейшего пояснения лепесток 290, соединенный с верхней частью аккумуляторной батареи 190, может называться верхним лепестком 290 и лепесток 290, соединенный с нижней частью аккумуляторной батареи 190, может называться нижним лепестком 290. Как показано на фиг. 15-20, полукруговая кромка 291b верхнего лепестка 290 расположена в выемке 250 держателя 240 и полукруговая кромка 291b нижнего лепестка 290 расположена в выемке 251 держателя 240. Как лучше всего показано на фиг. 18 и 20, соединитель 293 верхнего лепестка 290 расположен в сопряженном отверстии 252 и соединитель 293 нижнего лепестка 290 расположен в сопряженном отверстии 253. Расположением кромок 291b в выемках 250, 251 внешняя периферия лепестков 290 поддерживается неподвижной или фиксированной относительно держателя 240 и наружного корпуса 201, а расположением соединителей 293 в отверстиях 252, 253 предотвращается поворот лепестков 290 относительно держателя 240 и наружного корпуса 201. Зубцы 292 каждого лепестка 290 пропущены через схемную плату 195 и припаяны.

[101] Что касается теперь фиг. 18 и 20, то каждый лепесток 290 включает в себя центральный выступ 296, проходящий от него в осевом направлении, и множество равномерно разнесенных по окружности сквозных выемок или щелей 297, расположенных по радиусам между выступами 296 и кромками 291a, 291b. Лепестки 290 ориентированы так, что центральные выступы 296 обращены и продолжаются к аккумуляторной батарее 190. Кроме того, выступ 296 верхнего лепестка 290 жестко соединен с верхним концом аккумуляторной батареи 190 и центральный выступ 296 нижнего лепестка 290 жестко соединен с нижним концом аккумуляторной батареи 190. В этом варианте осуществления выступы 296, приварены точечной сваркой к концам аккумуляторной батареи 190. Верхний конец стойки 263 соприкасается с центром нижнего лепестка 290.

[102] Каждая щель 297 продолжается в осевом направлении через лепесток 290.

Кроме того, каждая щель 297 закручена по спирали радиально наружу от внутреннего по радиусу конца вблизи центрального выступа к кромкам 291a, 291b. В этом варианте осуществления предусмотрены четыре щели 297, при этом каждая пара прилегающих по окружности внутренних концов щелей 297 имеет угловое разнесение 90° вокруг оси 245, каждая пара прилегающих по окружности внешних концов щелей 297 имеет угловое разнесение 90° вокруг оси 245 и каждая щель 297 продолжается на протяжении угла спирали, измеряемого вокруг оси 245 между ее концами, составляющего около 360°. Радиально внутренние концы щелей 297 представляют собой прилегающий по радиусу выступ 296.

[103] Как описывалось ранее, лепестки 290 обеспечивают электрические соединения между аккумуляторной батареей 190 и схемной платой 195. Кроме того, лепестки 290 функционируют подобно изгибающим или смещающим элементам, таким как смещающие элементы 152, 162, описанные ранее. В соответствии с этим лепестки 290 также могут быть названы изгибающими или смещающими элементами. В частности, лепестки 290 представляют собой упругие гибкие элементы, которые изгибаются или упруго деформируются в ответ на осевое перемещение наружного корпуса 201 и держателя 240 относительно аккумуляторной батареи 190 и смещают по радиусу аккумуляторную батарею 190 к центральному или концентрическому положению в кармане 244, отстоящем по радиусу от держателя 240. В частности, при наличии спиральных щелей 297 повышается гибкость лепестков 290 в области, вдоль которой щели 297 расположены, вследствие чего область может изгибаться относительно легко в осевом направлении (вверх и вниз). Кроме того, спиральные щели 297 повышают гибкость каждого лепестка 290 в радиальном направлении. Однако спиральные щели 297 не позволяют столь же легко изгибаться лепесткам 290 в радиальном направлении. Когда держателем 240 или аккумуляторной батареей 190 осевая нагрузка прикладывается к лепесткам 290, то вследствие относительно высокой степени гибкости лепестков 290 в осевом направлении щели 297 обычно делают возможным свободное относительное осевое перемещение центральных выступов 296 и кромок 291a, 291b. Однако, когда держателем 240 или аккумуляторной батареей 190 радиальная нагрузка прикладывается к лепесткам 290, то вследствие более ограниченной гибкости в радиальном направлении щели 297 обычно противодействуют относительному радиальному перемещению центральных выступов 296 лепестков 290 и кромок 291a, 291b и лепестки 290 смещают аккумуляторную батарею 190 и держатель 240 обратно до по существу коаксиального выравнивания относительно осей 205, 245.

[104] Аккумуляторная батарея 190 коаксиально выровнена относительно кармана 244 и ориентирована параллельно держателю 240 и корпусу 201. Как будет описано более подробно ниже, в течение сейсморазведочных работ держатель 240 и корпус 201 совершают возвратно-поступательное движение в осевом направлении относительно аккумуляторной батареи 190 и стойки 263 в ответ на вибрации, наводимые сейсмическими волнами. Осевое возвратно-поступательное движение держателя 240 и корпуса 201

относительно аккумуляторной батареи 190 вызывает изгибание лепестков 290. Поэтому в этом варианте осуществления ускоряемая масса датчика 200 включает в себя аккумуляторную батарею 190, стойку 263 и лепестки 290 (или по меньшей мере часть их, которая является неподвижной относительно аккумуляторной батареи 190).

[105] Схемная плата 195 включает в себя электронные схемы датчика 200. Электронные схемы соединены с сенсорным элементом 180 и приспособлены к обработке выходных сигналов сенсорного элемента 180, например к усилению, дискретизации, передаче и/или сохранению выходных сигналов сенсорного элемента 180. Кроме того, светодиод 196 и фотодиод 197 расположены вблизи друг друга на передней поверхности схемной платы 195 с непосредственным прилеганием к концу 228а световода 228. Совместно верхняя часть 221, световод 228, светодиод 196 и фотодиод 197 обеспечивают двунаправленную передачу данных к схемной плате 195 и от нее. В частности, устройство с наружной стороны датчика 200 может поддерживать беспроводную связь со схемной платой 195 путем передачи света от внешнего устройства через верхнюю часть 221 и по световоду 228 к фотодиоду 197; и схемная плата 195 может поддерживать беспроводную связь с внешним устройством путем передачи света от светодиода 196 по световоду 228 и через верхнюю часть 221 к внешнему устройству.

[106] Во время сейсморазведочных работ множество датчиков 200 связаны с земной поверхностью (например, на месте датчиков 64, 66, 68 в системе 50). Например, каждый датчик 200 может быть прикреплен к штырю, который заглубляют в грунт. В ином случае весь датчик 200 может быть заглублен или помещен на заданную глубину в шпур. Независимо от способа связи датчиков 200 с грунтом предпочтительно, чтобы каждый датчик 220 был расположен с ориентацией оси 205 в основном в вертикальном направлении.

[107] Вступление продольной сейсмической волны вызывает перемещение в основном в вертикальном направлении наружного корпуса 201 и компонентов, жестко прикрепленных к нему (например, узла 230 катушки, держателя 240, схемной платы 195, световода 228). Инертность ускоряемой массы внутри наружного корпуса 201 (аккумуляторной батареи 190) является причиной того, что ускоряемая масса противодействует перемещению со смещением наружного корпуса 201 и держателя 240 и следовательно, наружный корпус 201 и держатель 240 совершают возвратно-поступательное движение в осевом направлении относительно ускоряемой массы, дозволяемое лепестками 290. Это перемещение вызывает изгибание или отклонение лепестков 290 и нагрузка ускоряемой массы воспринимается сенсорным элементом 180. Осевое возвратно-поступательное движение наружного корпуса 201 и держателя 240 относительно ускоряемой массы обычно продолжается, когда продольная сейсмическая волна проходит к датчику 200.

[108] В течение осевых возвратно-поступательных движений наружного корпуса 101 и держателя 240 относительно ускоряемой массы сенсорный элемент 180 циклически отклоняется стойкой 263. Как ранее описывалось, когда механическое напряжение

прикладывается к сенсорному элементу 180 вследствие деформирования или отклонения стойкой 263, пьезоэлектрический керамический материал образует электрический потенциал (благодаря пьезоэлектрическому эффекту). Электрический потенциал подается по проводам к схемной плате 195, где он обнаруживается и может быть дискретизирован и сохранен в запоминающем устройстве как величина амплитуды сейсмической вибрации. Как описывалось ранее, данные, сохраняемые в запоминающем устройстве на схемной плате 195, могут быть переданы к внешнему устройству для дальнейшего рассмотрения и анализа через посредство светодиода 196, световода 228 и верхней части 221.

[109] Как описывалось ранее, лепестки 290 позволяют ускоряемой массе в основном свободно перемещаться относительно наружного корпуса 201. В положении покоя стойка 263 находится в зацеплении с сенсорным элементом 180, а кроме того, сенсорный элемент 180 поддерживает большую часть веса или по существу весь вес ускоряемой массы. При осевом возвратно-поступательном движении наружного корпуса 201 и держателя 240 относительно ускоряемой массы сенсорный элемент 180 подвергается воздействию повышающегося и понижающего напряжения. Вариации напряжения, которому подвергается сенсорный элемент, используются для обнаружения и измерения сейсмических волн. Однако следует понимать, что керамический материал сенсорного элемента 180 может повреждаться при чрезмерном напряжении. В соответствии с этим максимальное осевое перемещение наружного корпуса 201 относительно ускоряемой массы ограничено для защиты сенсорного элемента 180 и предотвращения чрезмерного напряжения его. В варианте осуществления датчика 200, показанном и описанном выше, максимальное осевое перемещение наружного корпуса 201 относительно ускоряемой массы регулируется и ограничивается держателем 240, при этом лепестки 290 могут отклоняться в осевом направлении вверх до тех пор, пока верхний лепесток 290 не войдет в зацепление в осевом направлении с держателем 240 на верхнем конце 246 кармана 244, и лепестки 290 могут отклоняться в осевом направлении вниз до тех пор, пока нижний лепесток 290 не войдет в зацепление в осевом направлении с держателем 240 на нижнем конце 247 кармана 244. Кроме того, как описывалось ранее, лепестки 290 смещают ускоряемую массу к центральному положению, коаксиально выровненному относительно наружного корпуса 201 и держателя 240. В результате этого держатель 240 располагается по радиусу на расстоянии от ускоряемой массы и обычно сдерживается от перемещения по радиусу относительно ускоряемой массы. Следовательно, перемещение наружного корпуса 201 и держателя 240 относительно ускоряемой массы происходит преимущественно в осевом направлении и кроме того, ускоряемая масса не препятствует или не мешает осевому перемещению держателя 240 и корпуса 201. Радиальный зазор между ускоряемой массой и цилиндрической поверхностью 241b кармана 244 позволяет держателю 240 и наружному корпусу 201 перемещаться в радиальном и боковом направлениях относительно ускоряемой массы, когда лепестки 290 изгибаются, но максимальное относительное перемещение в радиальном и боковом направлениях ограничено. А именно, держатель 240 и корпус 201

могут перемещаться в радиальном и боковом направлениях относительно ускоряемой массы до зацепления ускоряемой массы с поверхностью 248, обозначающей карман 244. Поэтому поверхность 248 функционирует как ограничитель радиального перемещения или стопор.

[110] Хотя в этом варианте осуществления датчика 200 щели 297 со спиральной геометрией используются для повышения гибкости диска 291 и смещающего элемента 290 в осевом направлении, в других вариантах осуществления другие подходы могут использоваться для повышения гибкости диска. Например, могут использоваться щели, имеющие другие геометрии (например, продолжающиеся по радиусам щели в противоположность спиральным щелям). В другом примере диск каждого смещающего элемента (например, диск 291 каждого лепестка 290) включает в себя проходящие по радиусу перекладины или перегородки, продолжающиеся между внешней периферией диска и центральным участком диска, вследствие чего в диске создается множество разнесенных по окружности радиальных щелей между каждой парой соседних перекладин. На фиг. 22 показан альтернативный вариант осуществления лепестка 390, который функционирует таким же образом, как лепесток 290, описанный ранее, и он может быть использован вместо лепестка 290. Как показано на фиг. 22, в этом варианте осуществления лепесток 390 содержит диск 391 и множество зубцов 292, описанных ранее, проходящих вбок от диска 391. Вместо спиральных щелей 297 диск 391 лепестка 390 включает в себя множество равномерно разнесенных по окружности перекладин 393, проходящих по радиусам от центрального участка диска 391 к внешней периферии диска 391. В еще одном примере другие материалы могут быть использованы для образования диска, толщина или геометрия диска могут быть иной (например, в случае более тонкого диска) и т.д.

[111] В варианте осуществления датчика 200, показанном и описанном выше, держатель 240 является монолитным цельным компонентом. Однако в других вариантах осуществления держатель (например, держатель 240) содержит несколько секций и такие секции могут быть прерывающимися. В дальнейших вариантах осуществления держатель отсутствует. В таких вариантах осуществления другие компоненты датчика (например, схемная плата 195, лепестки 290 и сенсорный элемент 180) могут быть соединены с наружным корпусом (например, наружным корпусом 201) непосредственно или с помощью отдельных компонентов держателя.

[112] Хотя были показаны и описаны предпочтительные варианты осуществления, модификации их могут быть сделаны специалистом в данной области техники без отступления от объема или идей этого изобретения. Варианты осуществления, описанные в этой заявке, являются только примерами и не имеют ограничительного характера. Многие варианты и модификации систем, приборов и процессов, описанных в этой заявке, являются возможными и находятся в объеме раскрытия. Например, относительные размеры различных деталей, материалы, из которых различные детали изготовлены, и другие параметры могут быть изменены. В соответствии с этим объем защиты не

ограничен вариантами осуществления, описанными в этой заявке, а ограничен только формулой изобретения, которая следует ниже, объем которой должен включать в себя все эквиваленты объекта формулы изобретения. Если особо не оговорено, этапы в пунктах формулы изобретения на способ могут быть выполнены в любом порядке. Перечисление идентификаторов, таких как (a), (b), (c) или (1), (2), (3), перед этапами в пунктах формулы изобретения на способ не предполагается обозначающим и не означает конкретный порядок этапов, а точнее, используется для упрощения последующей ссылки на такие этапы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сейсмический датчик, содержащий:

наружный корпус, имеющий центральную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость;

ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости наружного корпуса, при этом наружный корпус выполнен с возможностью перемещения в осевом направлении относительно ускоряемой массы;

первый смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и одним из концов наружного корпуса, при этом первый смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы, при этом первый смещающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности щелей, продолжающихся в осевом направлении через него;

сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между первым смещающим элементом и одним из концов наружного корпуса, при этом сенсорный элемент содержит пьезоэлектрический материал, выполненный с возможностью отклонения и образования потенциала в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы и изгибание первого смещающего элемента.

2. Сейсмический датчик по п. 1, в котором первый смещающий элемент расположен в осевом направлении между ускоряемой массой и нижним концом наружного корпуса.

3. Сейсмический датчик по п. 1 или 2, в котором множество разнесенных по окружности щелей закручены в спирали по радиусам наружу от центра смещающего элемента.

4. Сейсмический датчик по п. 1 или 2, в котором множество разнесенных по окружности щелей расположены по окружности между проходящими по радиусам перегородками, соединяющими центр смещающего элемента и внешнюю периферию смещающего элемента.

5. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в котором сенсорный элемент расположен между первым смещающим элементом и вторым концом наружного корпуса.

6. Сейсмический датчик по п. 5, в котором кнопка проходит в осевом направлении от центрального участка смещающего элемента, при этом кнопка контактирует с сенсорным элементом и выполнена с возможностью приложения осевой нагрузки к сенсорному элементу в ответ на изгибание первого смещающего элемента и осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы.

7. Сейсмический датчик по п. 6 при зависимости от п. 3, в котором каждая спиральная щель имеет радиально внутренний конец, который расположен по радиусу вблизи кнопки.

8. Сейсмический датчик по любому одному из п.п. 5-7, в котором исполнительный механизм расположен в осевом направлении между центральным участком первого смещающего элемента и сенсорным элементом, в котором исполнительный механизм контактирует с сенсорным элементом и выполнен с возможностью приложения осевой нагрузки к сенсорному элементу в ответ на изгибание первого смещающего элемента и осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы.

9. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в котором радиально внешняя периферия сенсорного элемента фиксирована в осевом направлении относительно наружного корпуса.

10. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, кроме того содержащий электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом, при этом электронные схемы выполнены с возможностью обнаружения потенциала, образуемого пьезоэлектрическим материалом; и источник питания, выполненный с возможностью снабжения электрической энергией электронных схем; в котором ускоряемая масса включает в себя источник питания.

11. Сейсмический датчик по п. 10, в котором ускоряемая масса включает в себя электронные схемы.

12. Сейсмический датчик по п. 10, в котором ускоряемая масса состоит из источника питания.

13. Сейсмический датчик по любому одному из п.п. 10-12, в котором первый смещающий элемент электрически соединяет источник питания с электронными схемами.

14. Сейсмический датчик по п. 13, в котором первый смещающий элемент механически соединяет источник питания со схемной платой электронных схем для поддержания источника питания во внутренней полости наружного корпуса.

15. Сейсмический датчик по любому одному из п.п. 10-14, кроме того содержащий световодный узел, выполненный с возможностью передачи света от светодиода электронных схем и/или передачи света к фотодиоду электронных схем.

16. Сейсмический датчик по п. 15, в котором световодный узел включает в себя первый световод, жестко соединенный с ускоряемой массой, и второй световод, жестко соединенный с наружным корпусом.

17. Сейсмический датчик по п. 16, в котором второй световод коаксиально выровнен относительно верхней крышки наружного корпуса.

18. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в котором первый смещающий элемент выполнен с возможностью ограничения перемещения наружного корпуса относительно ускоряемой массы до осевого возвратно-поступательного движения.

19. Сейсмический датчик по п. 18, в котором первый смещающий элемент выполнен с возможностью радиального смещения ускоряемой массы до коаксиального выравнивания относительно наружного корпуса.

20. Сейсмический датчик по п. 2 или любому одному из п.п. 3-19 при зависимости

от п. 2, кроме того содержащий второй смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и верхним концом наружного корпуса, в котором второй смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы и в котором второй смещающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности спиральных щелей, продолжающихся в осевом направлении через него.

21. Сейсмический датчик по п. 20, в котором первый смещающий элемент и второй смещающий элемент выполнены с возможностью ограничения перемещения наружного корпуса относительно ускоряемой массы до осевого возвратно-поступательного движения.

22. Сейсмический датчик по п. 21, в котором первый смещающий элемент и второй смещающий элемент выполнены с возможностью радиального смещения ускоряемой массы до коаксиального выравнивания относительно наружного корпуса.

23. Сейсмический датчик по любому одному из п.п. 20-22, в котором второй смещающий элемент электрически и механически соединяет источник питания с электронными схемами и в котором первый смещающий элемент электрически и механически соединяет источник питания с электронными схемами.

24. Сейсмический датчик для сейсморазведки, где сейсмический датчик содержит:

наружный корпус, имеющий центральную ось;

ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения в наружном корпусе, при этом ускоряемая масса содержит источник питания;

дисковый сенсорный элемент, расположенный в наружном корпусе и выполненный с возможностью обнаружения перемещения наружного корпуса относительно ускоряемой массы;

электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом; и

первый смещающий элемент и второй смещающий элемент, поддерживающие ускоряемую массу в наружном корпусе, в котором второй смещающий элемент расположен в осевом направлении между ускоряемой массой и сенсорным элементом, в котором каждый смещающий элемент содержит электропроводный упругий диск, имеющий центральную область, соединенную с ускоряемой массой, и радиально внешнюю периферию, жестко соединенную с наружным корпусом, в котором каждый смещающий элемент выполнен с возможностью изгибания в осевом направлении и противодействия изгибанию в радиальном направлении, и в котором каждый смещающий элемент электрически соединяет источник питания с электронными схемами.

25. Сейсмический датчик по п. 24, в котором сенсорный элемент прилегает в осевом направлении к второму смещающему элементу и в котором сенсорный элемент выполнен с возможностью отклонения и образования потенциала в ответ на изгибание второго смещающего элемента.

26. Сейсмический датчик по п. 25, в котором осевой выступ второго смещающего

элемента или исполнительный элемент, расположенный в осевом направлении между сенсорным элементом и вторым смещающим элементом, передает осевую силу от второго смещающего элемента к сенсорному элементу.

27. Сейсмический датчик по п. 26, в котором осевой выступ или исполнительный механизм находится в зацеплении с центральной областью сенсорного элемента и в котором внешняя периферия сенсорного элемента жестко соединена с наружным корпусом.

28. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в котором электропроводный упругий диск каждого смещающего элемента содержит множество щелей, продолжающихся в осевом направлении через диск.

29. Сейсмический датчик по п. 28, в котором множество щелей в каждом диске представляет собой множество спиральных щелей.

30. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, кроме того содержащий держатель, жестко соединенный с наружным корпусом, в котором первый смещающий элемент и второй смещающий элемент жестко соединены с наружным корпусом и поддерживают ускоряемую массу внутри наружного корпуса.

31. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в котором электронные схемы содержатся на схемной плате, жестко соединенной с наружным корпусом, в котором каждый из первого смещающего элемента и второго элемента содержит соединители, выступающие от него и соединенные со схемной платой, электрически соединяющие электронные схемы с источником питания, и в котором первый смещающий элемент и второй смещающий элемент поддерживают ускоряемую массу внутри наружного корпуса.

32. Сейсмический датчик по п. 24, в котором держатель включает в себя первый соединительный элемент, жестко соединенный с наружным корпусом вблизи первого конца, второй соединительный элемент, жестко соединенный с наружным корпусом вблизи второго конца, и кронштейн аккумуляторной батареи, расположенный в осевом направлении между первым соединительным элементом и вторым соединительным элементом; в котором аккумуляторная батарея установлена с возможностью удаления в кронштейне аккумуляторной батареи; в котором первый смещающий элемент соединяет кронштейн аккумуляторной батареи с первым соединительным элементом и второй смещающий элемент соединяет кронштейн аккумуляторной батареи с вторым соединительным элементом.

33. Сейсмический датчик по п. 32, кроме того содержащий электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом и аккумуляторной батареей, в котором ускоряемая масса включает в себя аккумуляторную батарею, кронштейн аккумуляторной батареи и электронные схемы.

34. Сейсмический датчик по любому одному из п.п. 24-31, в котором ускоряемая масса состоит из источника питания.

35. Сейсмический датчик по любому одному из предшествующих пунктов, в

котором сенсорный элемент содержит пьезоэлектрический материал.

36. Способ обнаружения сейсмических волн, проходящих через подземную формацию, содержащий этапы, на которых:

(a) приводят сейсморазведочное устройство в контакт с грунтом выше подземной формации, при этом сейсморазведочное устройство содержит наружный корпус, имеющий продольную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость; ускоряемую массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости наружного корпуса; первый смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и нижним концом наружного корпуса; сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и нижним концом наружного корпуса или верхним концом наружного корпуса;

(b) ориентируют сейсморазведочное устройство относительно продольной оси корпуса до вертикальной ориентации;

(c) перемещают наружный корпус вертикально относительно массы в ответ на сейсмические волны;

(d) изгибают первый смещающий элемент в осевом направлении в ответ на (c);

(e) отклоняют сенсорный элемент в течение (d);

(f) при использовании сенсорного элемента образуют сигнал, показывающий вертикальное перемещение наружного корпуса относительно ускоряемой массы в течение (c) в ответ на (e).

37. Способ по п. 36, в котором сенсорный элемент располагают в осевом направлении между первым смещающим элементом и нижним концом наружного корпуса и в котором первый смещающий элемент выполняют с возможностью изгибания в осевом направлении к сенсорному элементу в течение этапа (d).

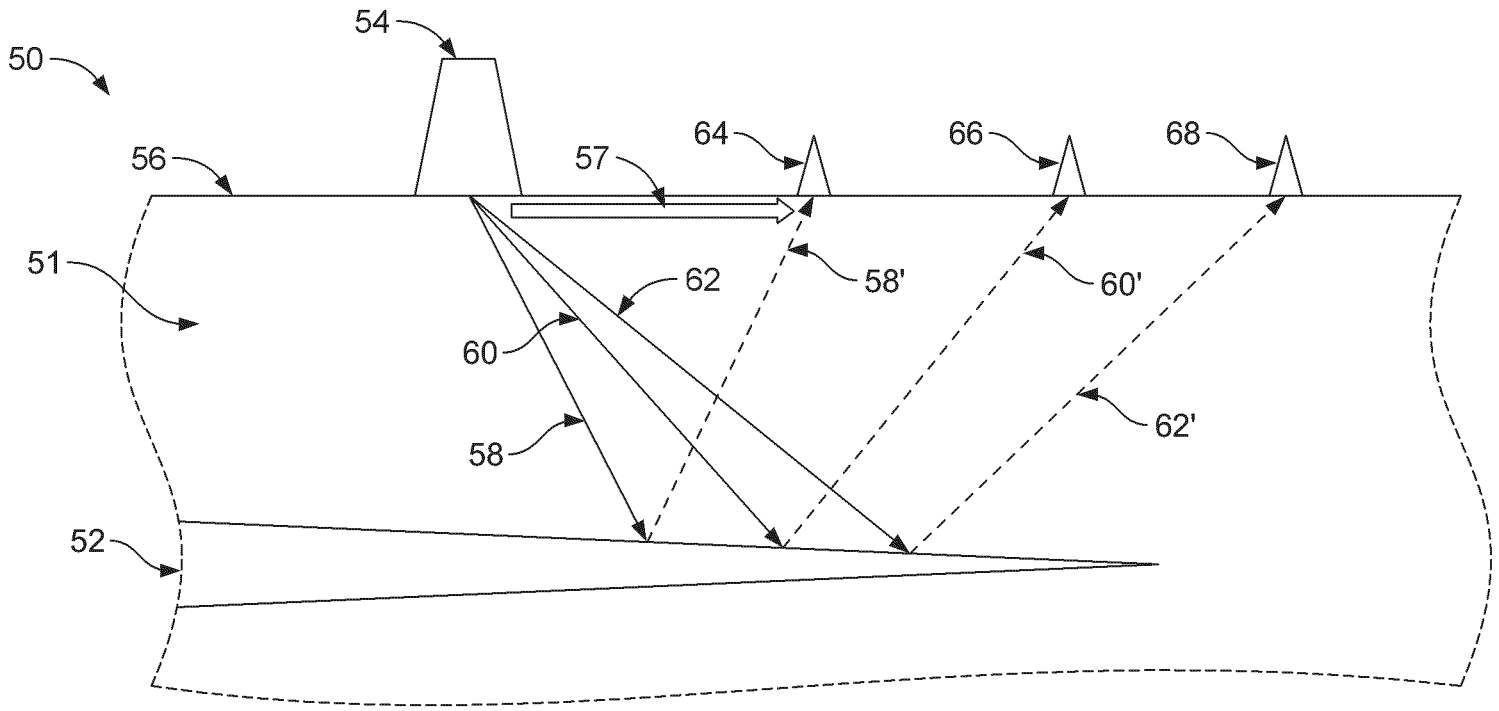
38. Способ по п. 37, кроме того содержащий (g) смещение ускоряемой массы в осевом направлении вверх первым смещающим элементом в ответ на (d).

39. Способ по п. 37, в котором сейсморазведочное устройство включает в себя второй смещающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный в осевом направлении между ускоряемой массой и верхним концом наружного корпуса, в котором ускоряемую массу поддерживают в наружном корпусе между первым смещающим элементом и вторым смещающим элементом.

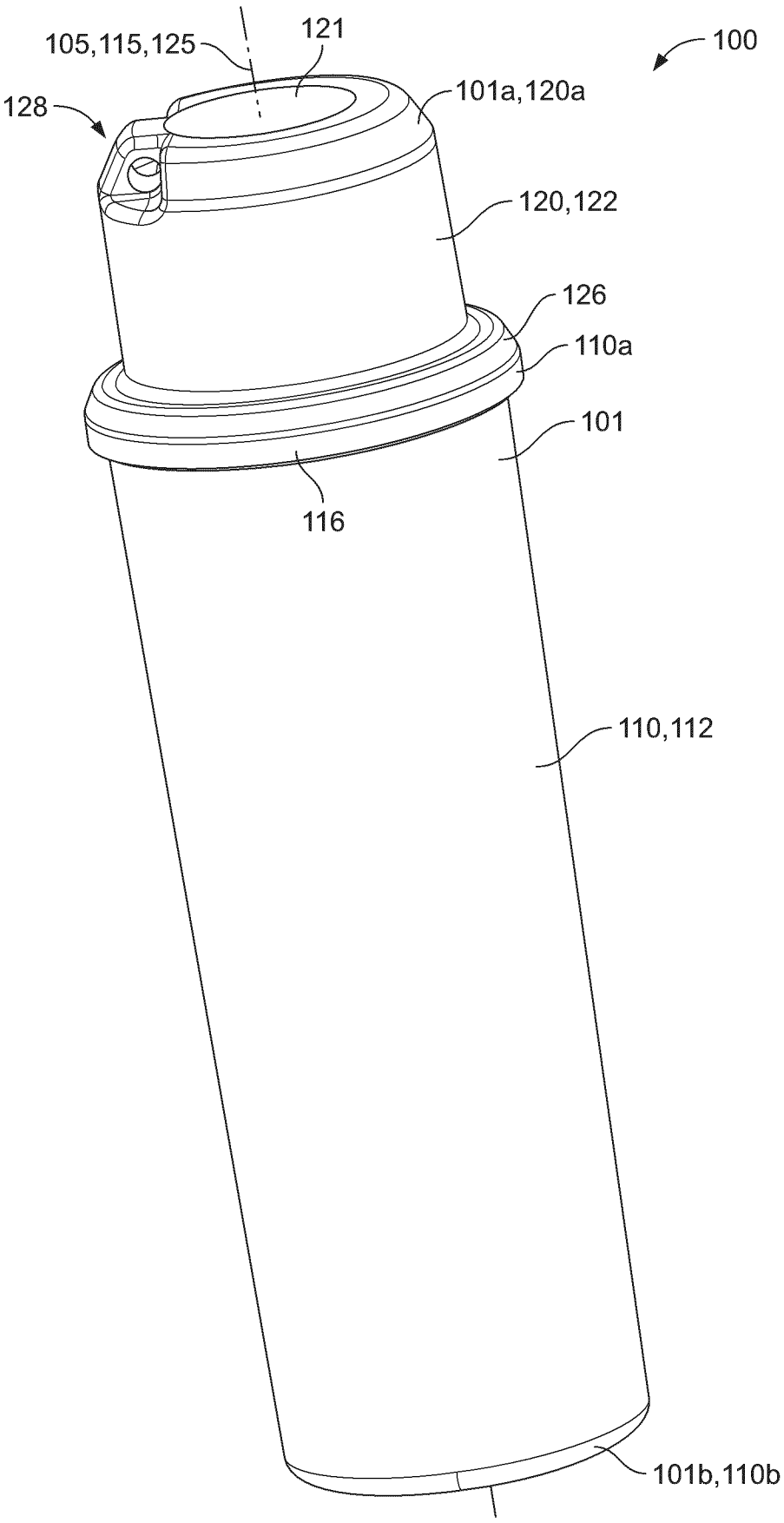
40. Способ по п. 39, кроме того содержащий (g) смещение ускоряемой массы в осевом направлении вверх первым смещающим элементом и вторым смещающим элементом в ответ на (d).

41. Способ по п. 36, кроме того содержащий противодействие радиальному перемещению наружного корпуса относительно ускоряемой массы первым смещающим элементом.

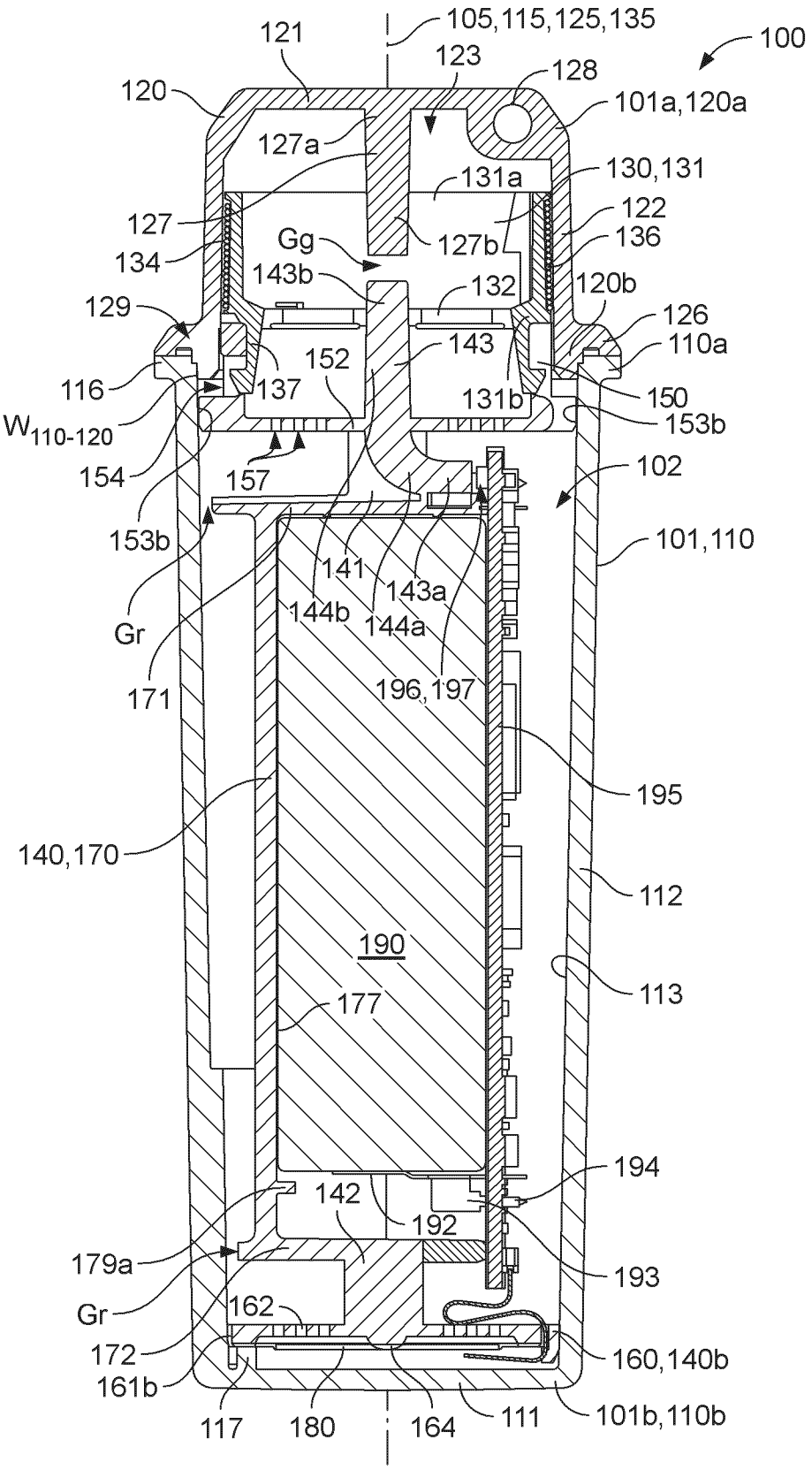
По доверенности



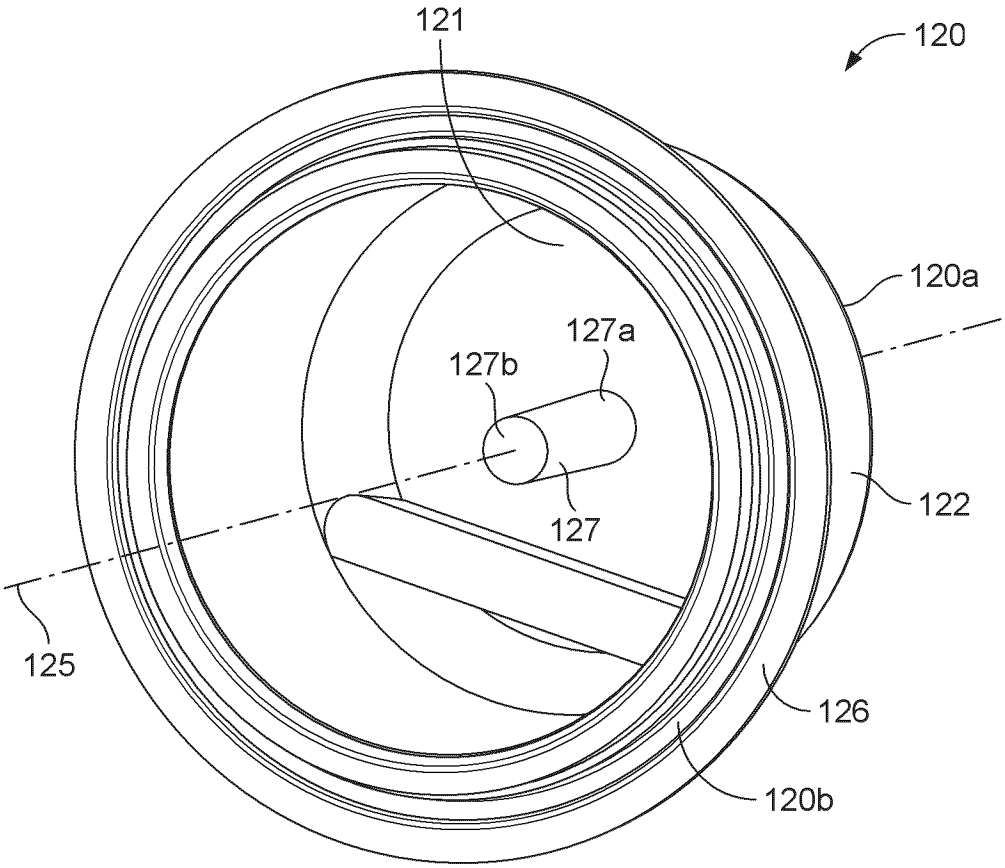
ФИГ. 1


105,115,125
121
100
128
101a,120a
120,122
126
110a
101
116
110,112
101b,110b

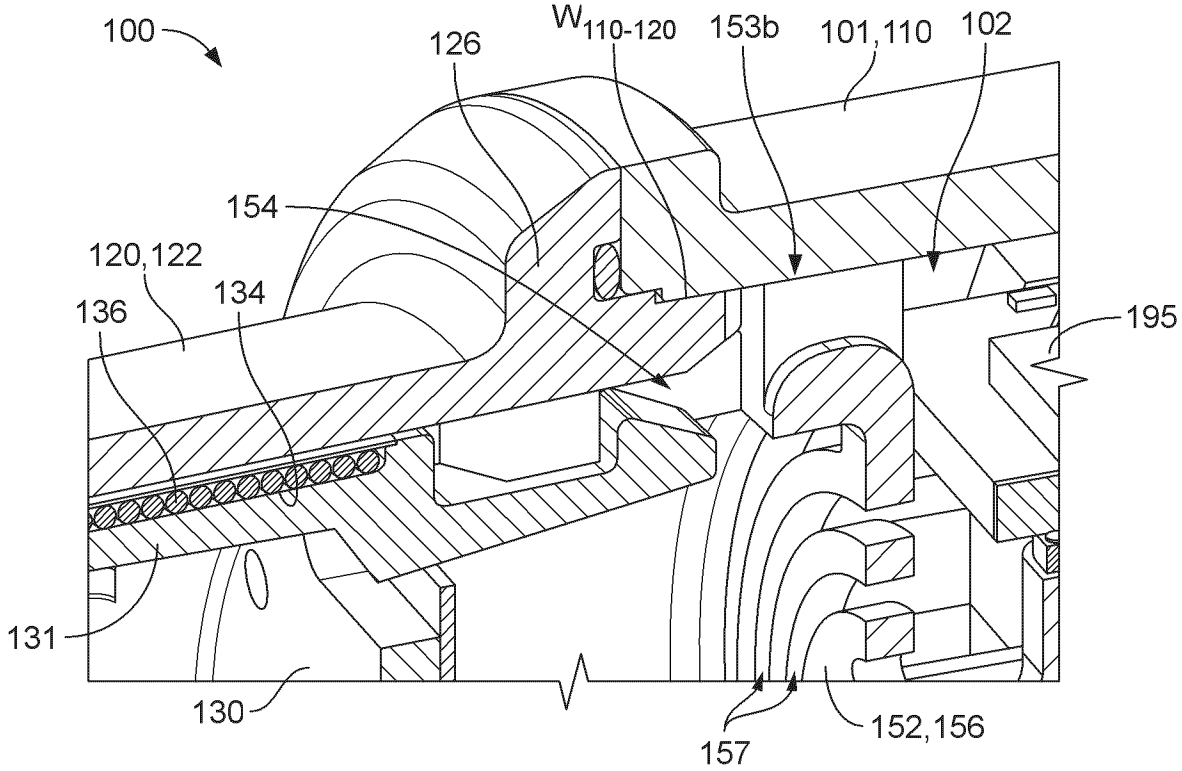
ФИГ. 2


105,115,125,135
100
121
123
128
120
101a,120a
127a
130,131
131a
127
122
Gg
127b
136
134
143b
132
120b
129
126
143
110a
152
116
137
131b
150
$W_{110-120}$
153b
154
157
102
153b
101,110
141
143a
144b
144a
Gr
171
196,197
195
140,170
112
190
113
177
194
142
192
179a
193
Gr
162
172
160,140b
161b
117
180
164
111
101b,110b

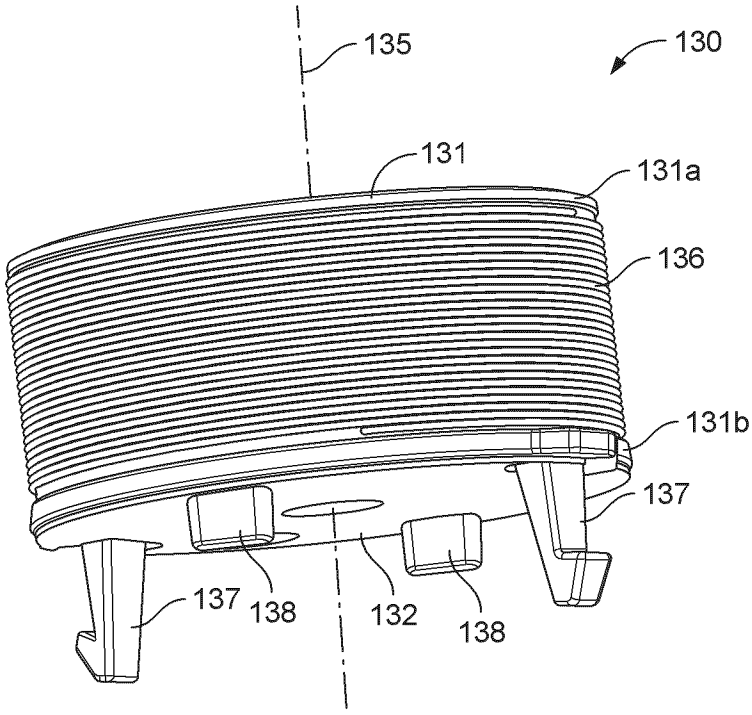
ФИГ. 3


121
120
120a
127a
127b
127
122
125
126
120b

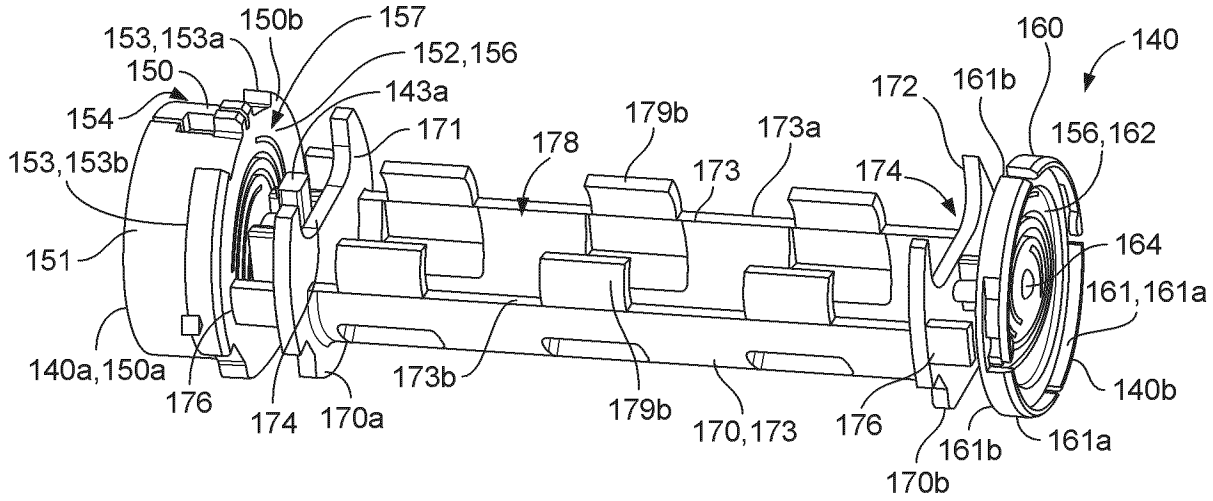
ФИГ. 4


100
126
$W_{110-120}$
153b
101,110
102
154
120,122
134
136
195
131
130
157
152,156

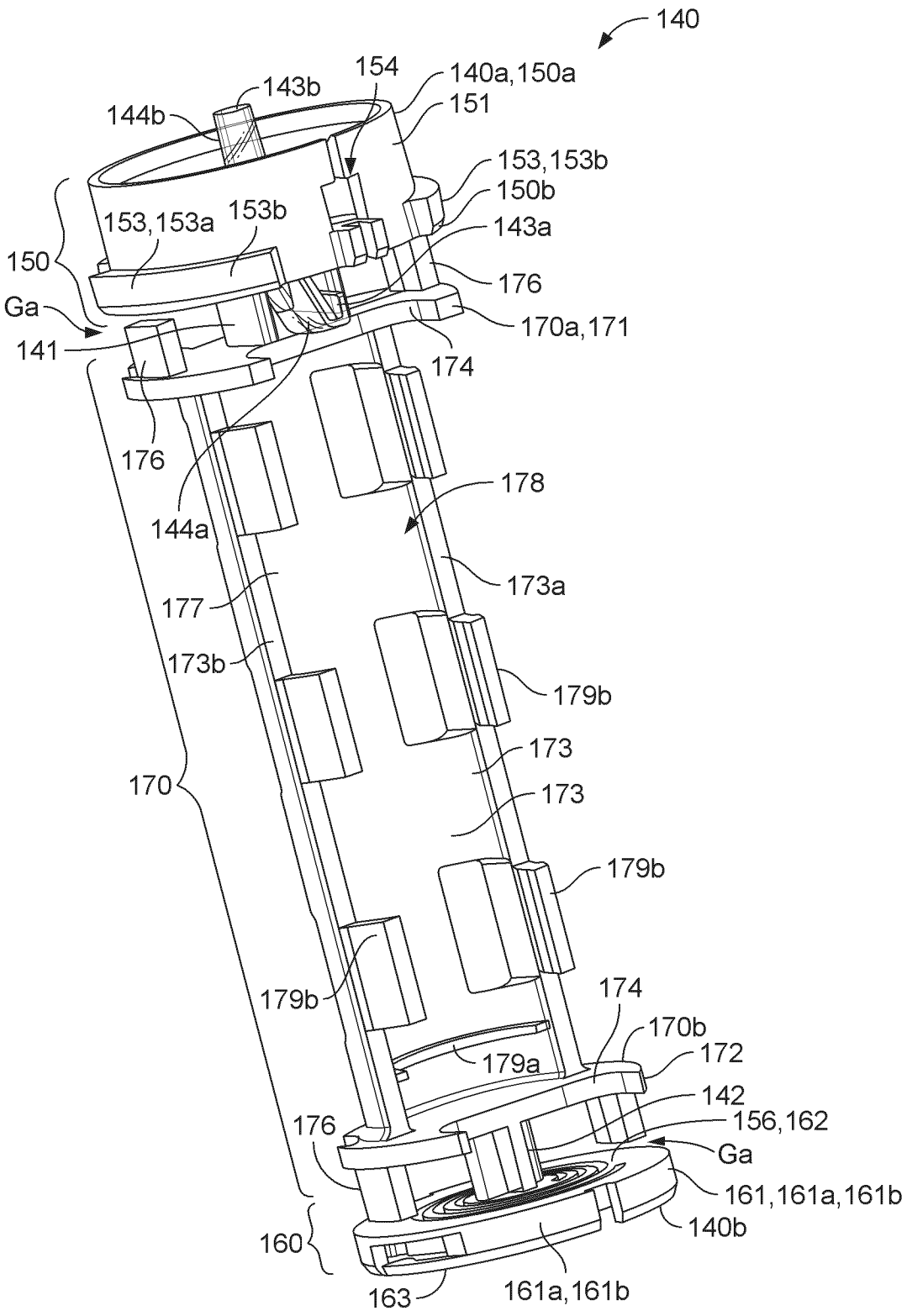
ФИГ. 5


135
130
131
131a
136
131b
137
137
138
132
138

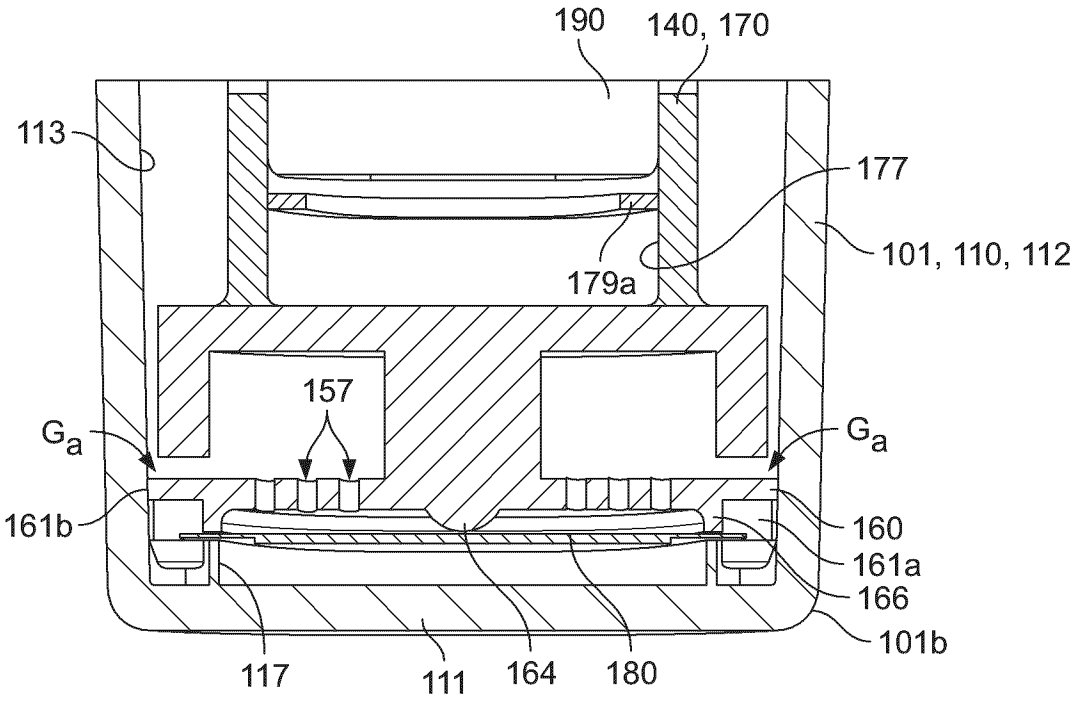
ФИГ. 6


153,153a
150b
157
152,156
150
143a
154
171
178
179b
173a
153,153b
173
174
172
161b
160
140
156,162
151
164
161,161a
140a,150a
176
174
170a
173b
179b
170,173
176
140b
161b
161a
170b

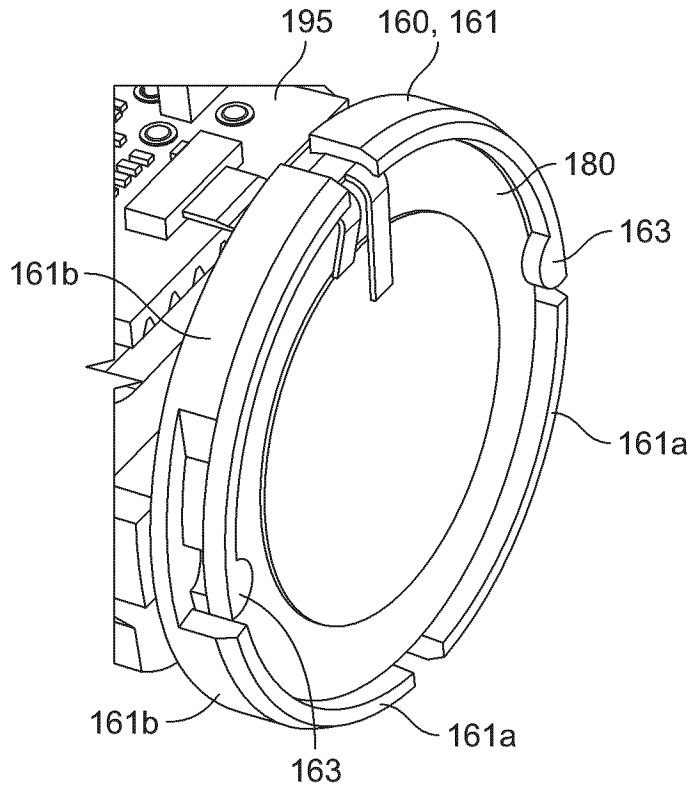
ФИГ. 7


140
154
140a,150a
143b
151
144b
153,153b
150b
153,153a
153b
143a
150
176
Ga
170a,171
141
174
176
178
144a
173a
177
173b
179b
173
170
173
179b
179b
174
170b
179a
172
142
176
156,162
Ga
161,161a,161b
140b
160
163
161a,161b

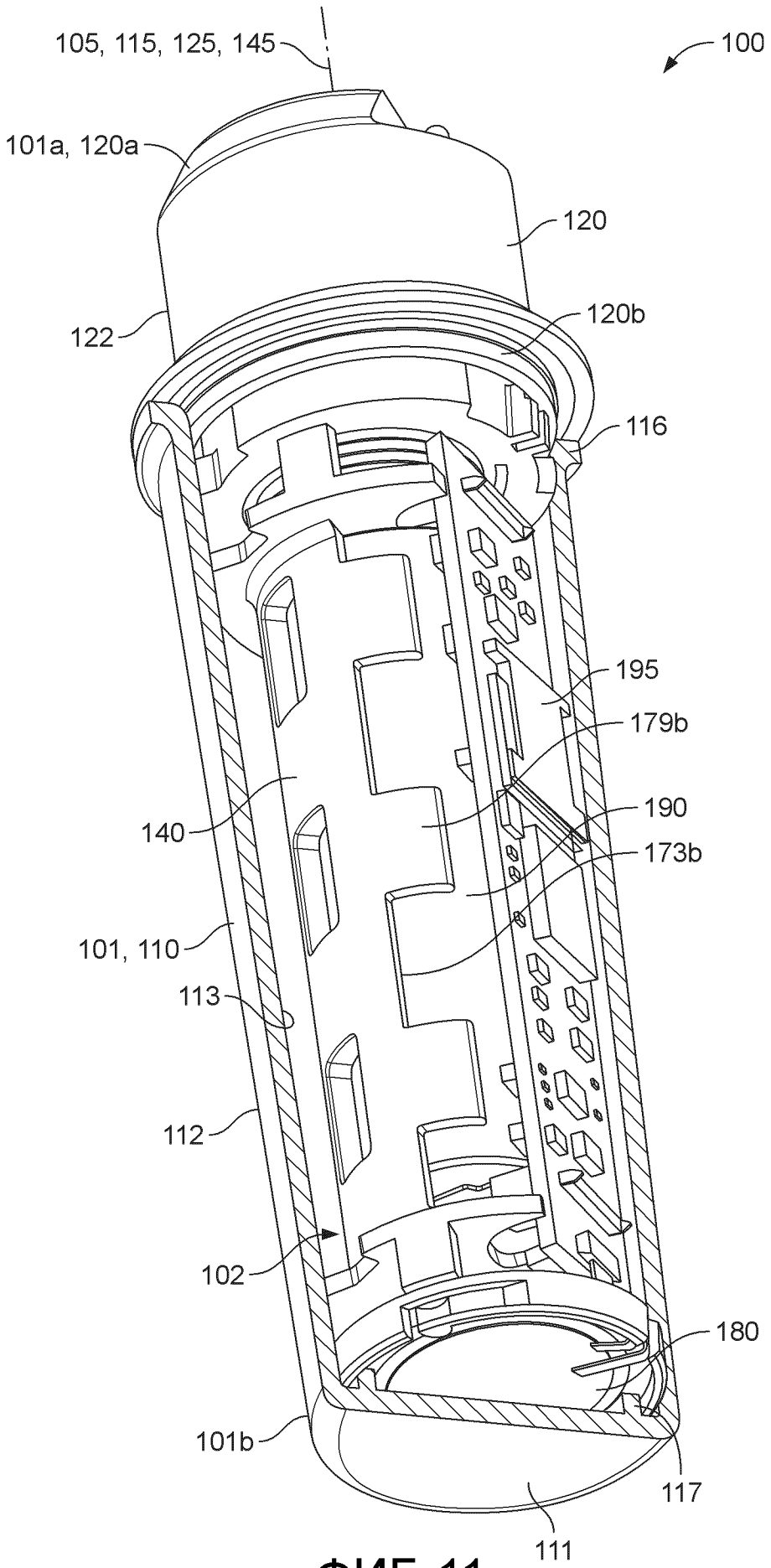
ФИГ. 8


190
140, 170
113
177
101, 110, 112
179a
157
G_a
G_a
161b
160
161a
166
101b
117
111
164
180

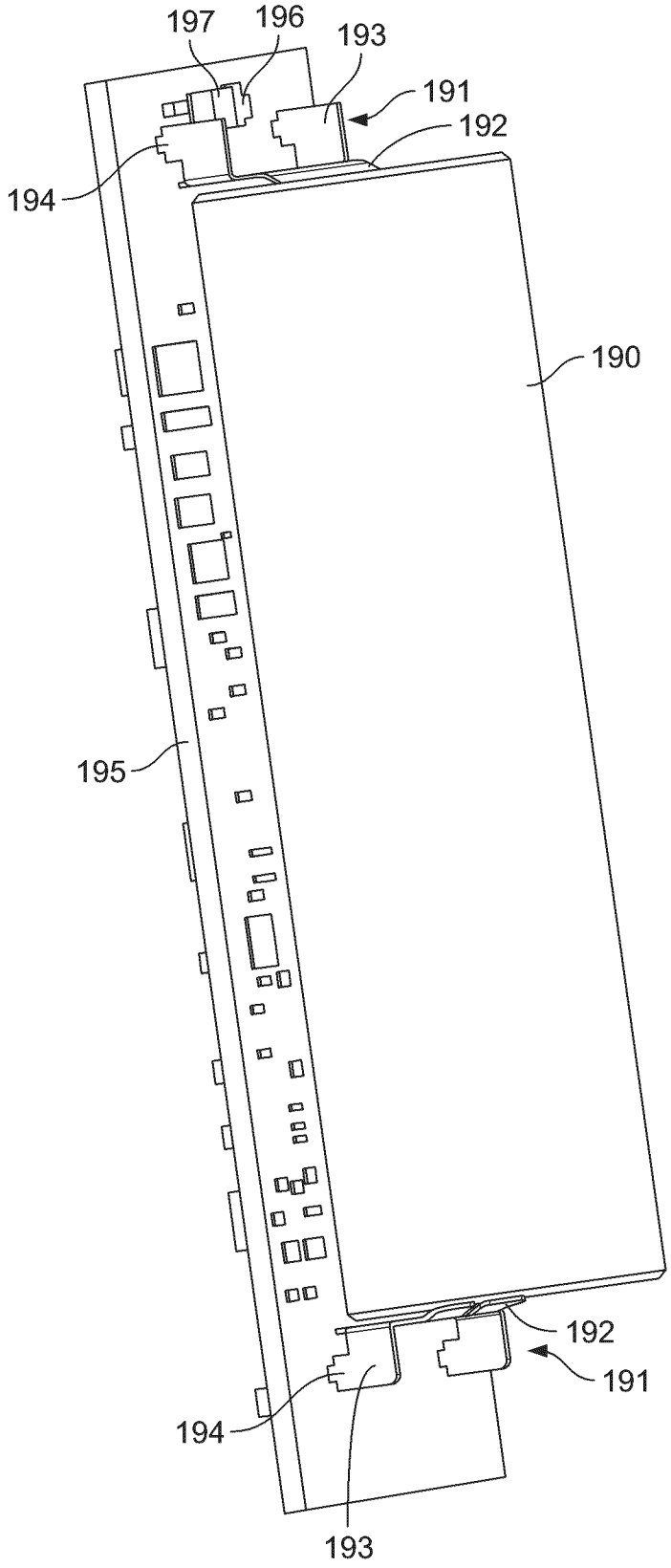
ФИГ. 9


195
160, 161
180
163
161b
161a
161b
161a
163

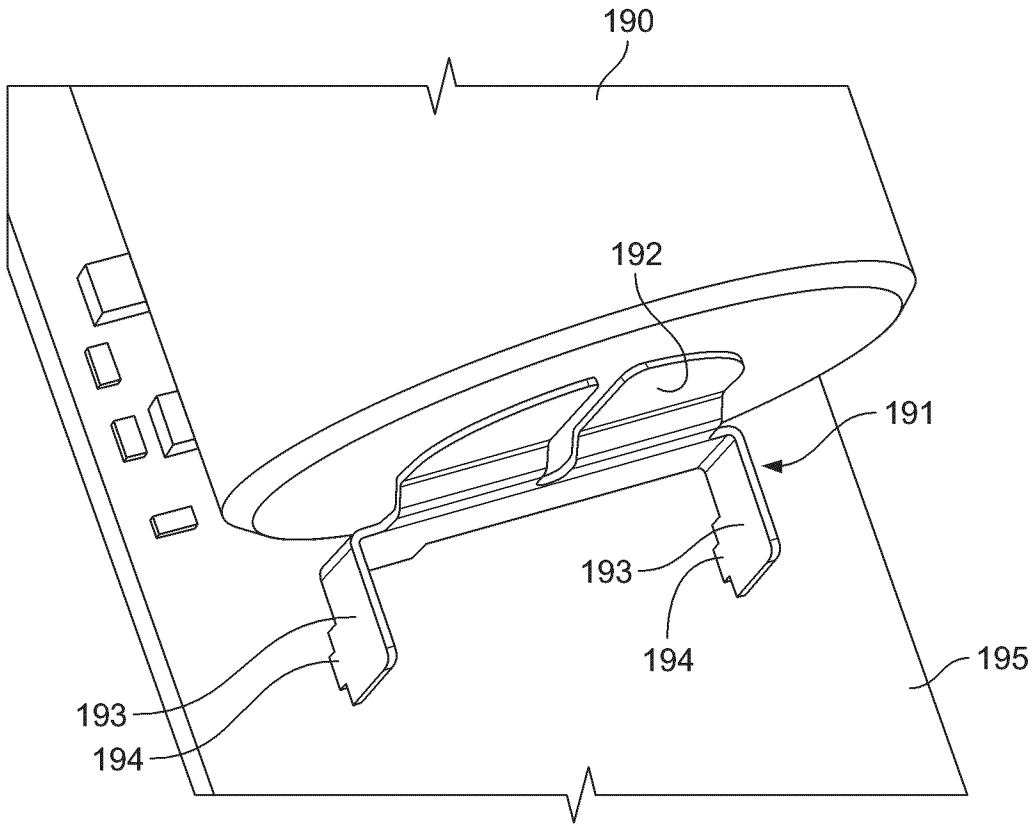
ФИГ. 10


105, 115, 125, 145
100
101a, 120a
120
122
120b
116
195
179b
190
140
173b
101, 110
113
112
102
180
101b
117
111

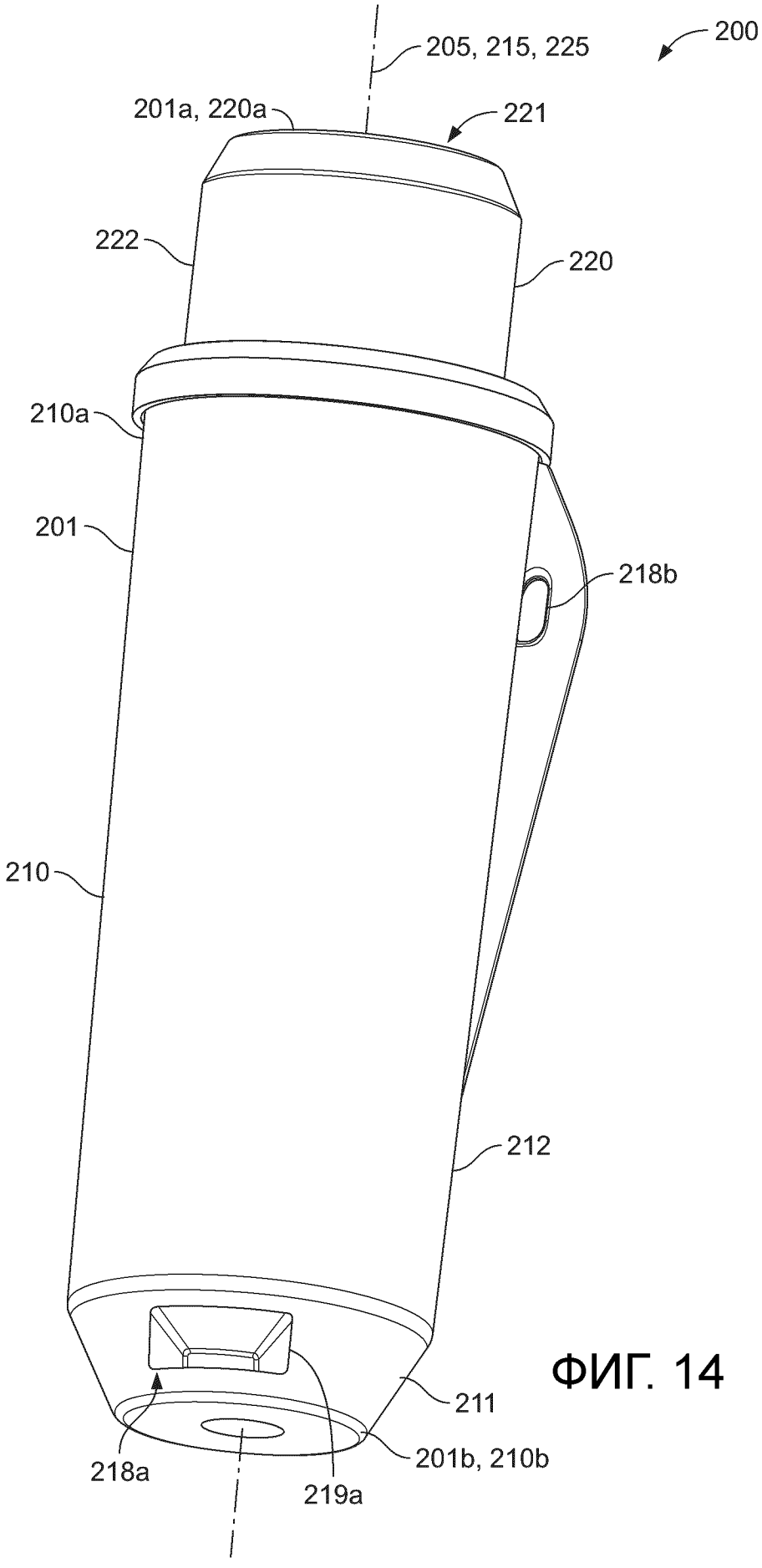
ФИГ. 11



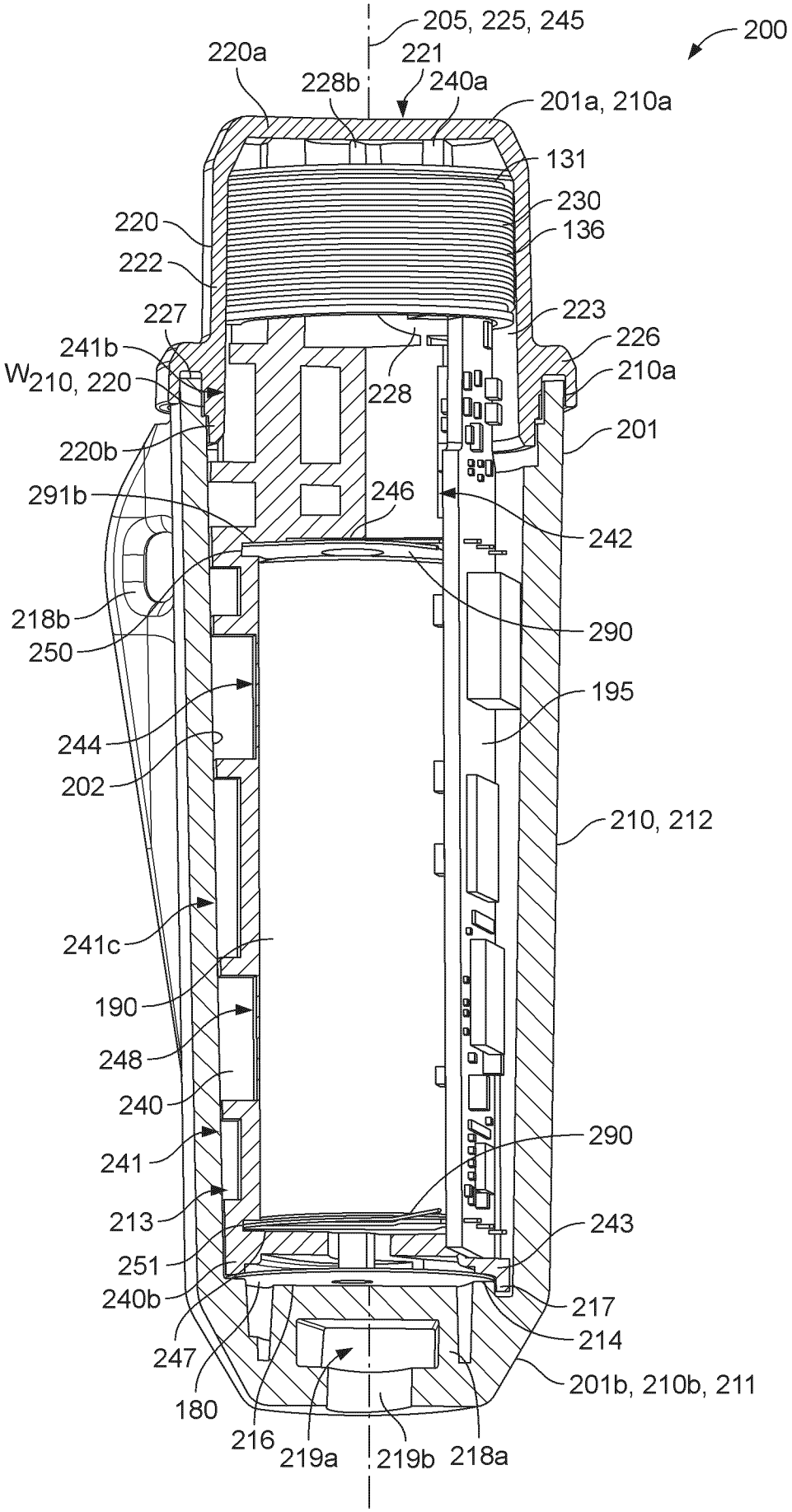
ФИГ. 12



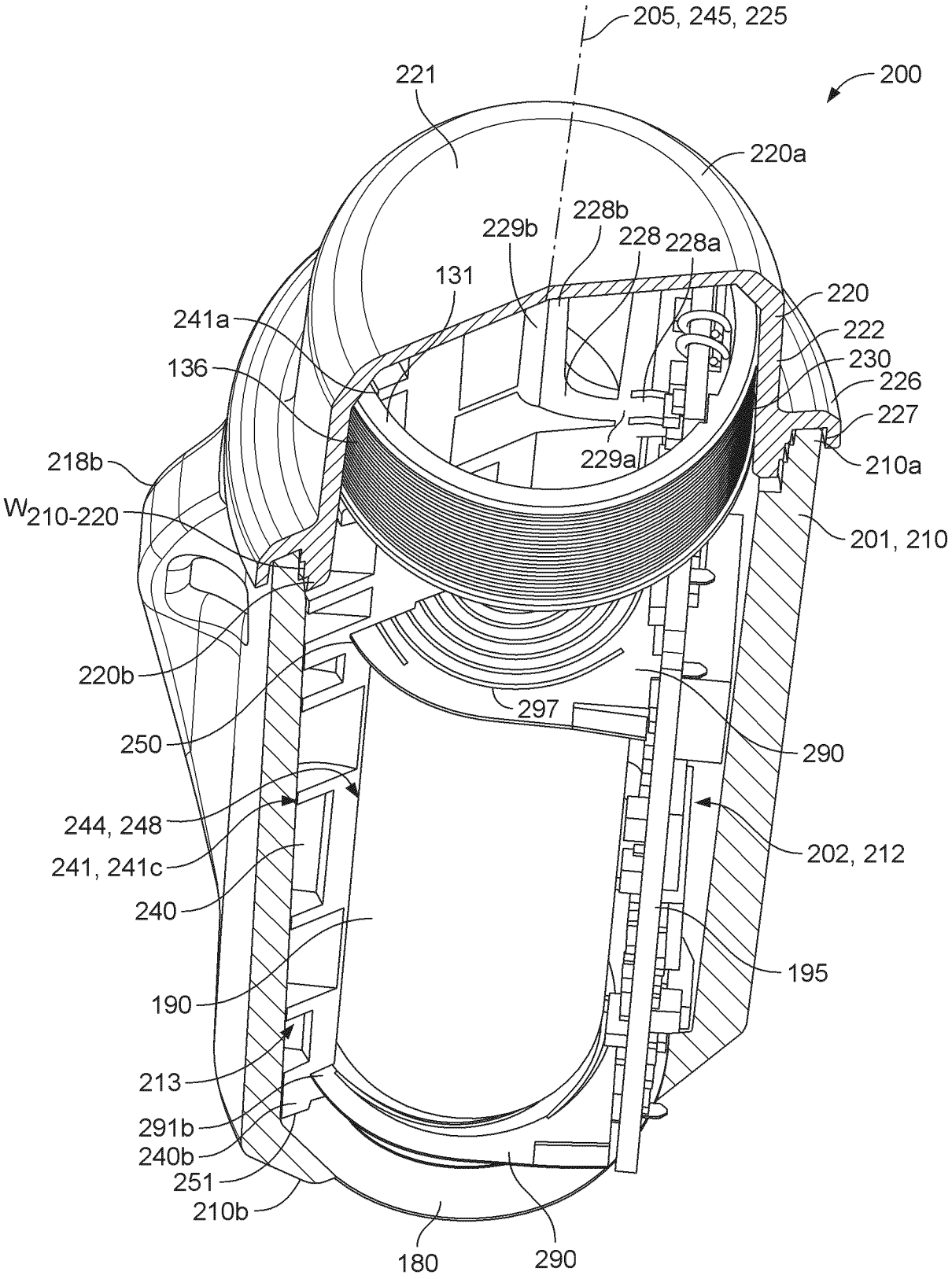
ФИГ. 13


200
205, 215, 225
201a, 220a
221
222
220
210a
201
218b
210
212
211
201b, 210b
218a
219a

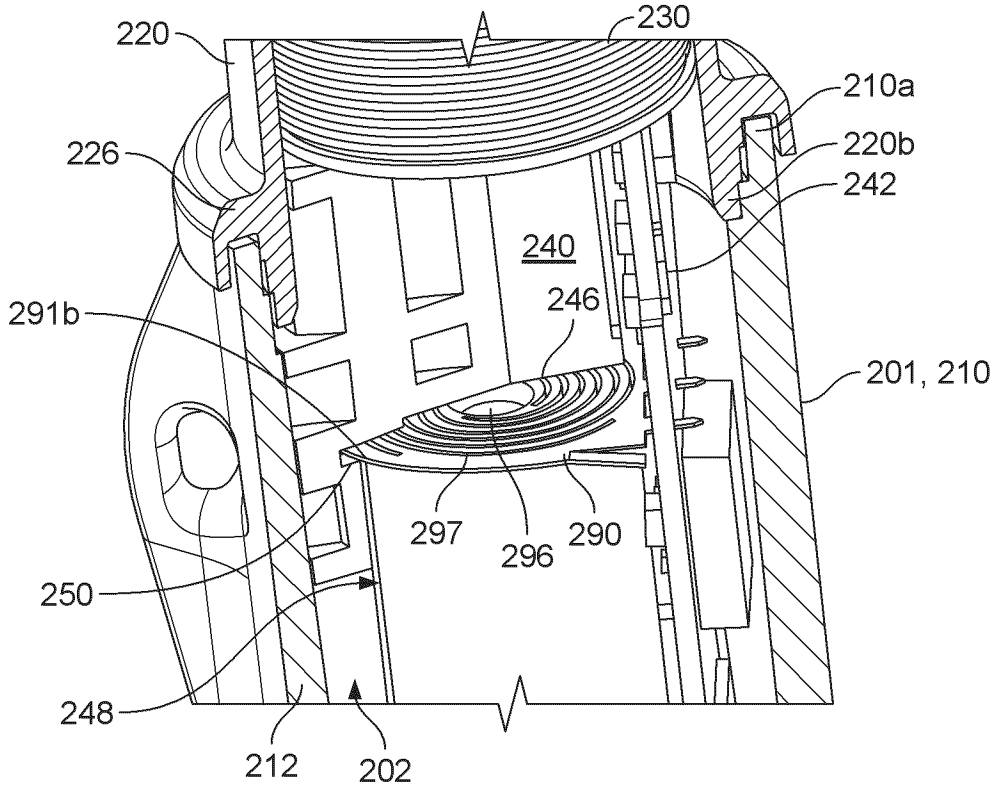
ФИГ. 14


205, 225, 245
200
220a
221
228b
240a
201a, 210a
131
230
220
136
222
223
227
226
241b
W210, 220
228
210a
201
220b
291b
246
242
218b
290
250
195
244
202
210, 212
241c
190
248
240
290
241
213
243
251
240b
217
214
247
201b, 210b, 211
180
216
219a
219b
218a

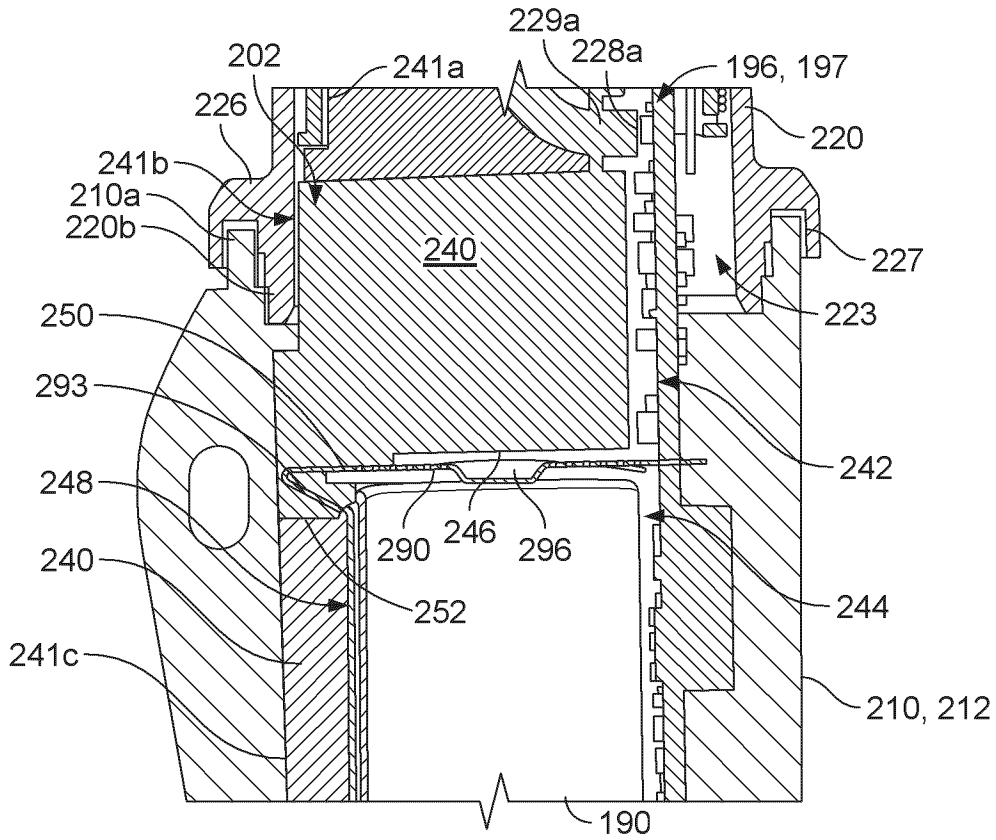
ФИГ. 15


205, 245, 225
200
221
220a
229b
228b
228
228a
131
220
222
230
226
227
241a
136
218b
$W_{210-220}$
229a
210a
201, 210
220b
297
250
290
244, 248
241, 241c
202, 212
240
195
190
213
291b
240b
251
210b
180
290

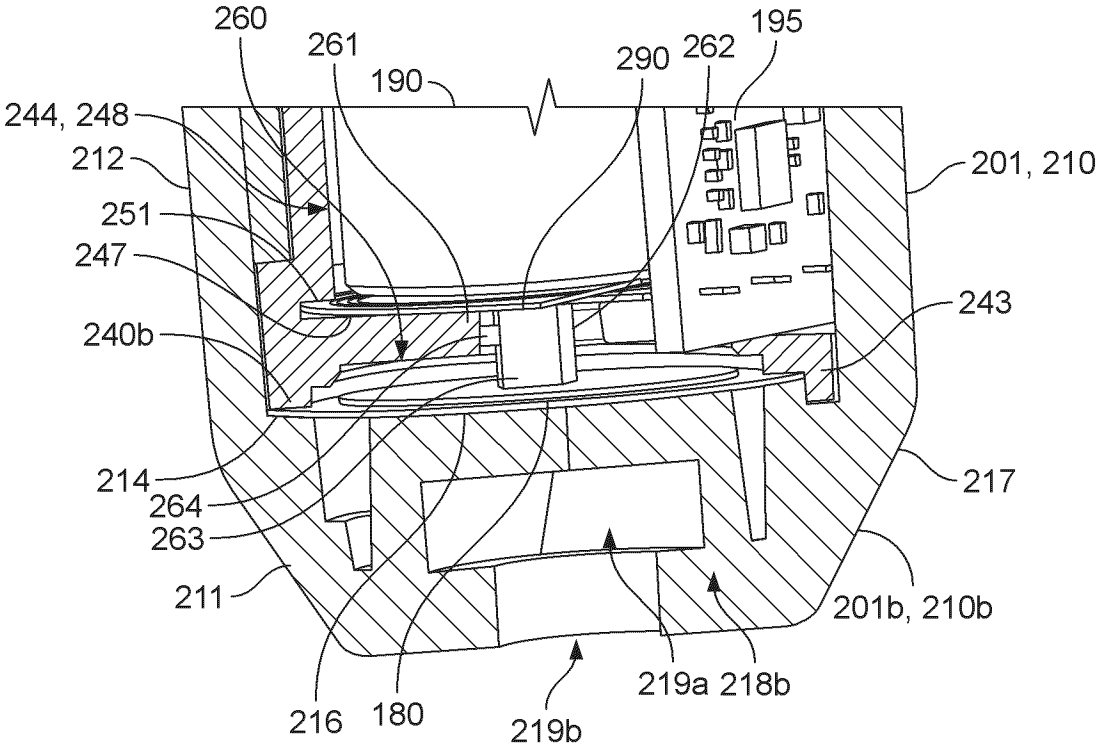
ФИГ. 16


220
230
210a
226
220b
242
240
246
291b
201, 210
297
296
290
250
248
212
202

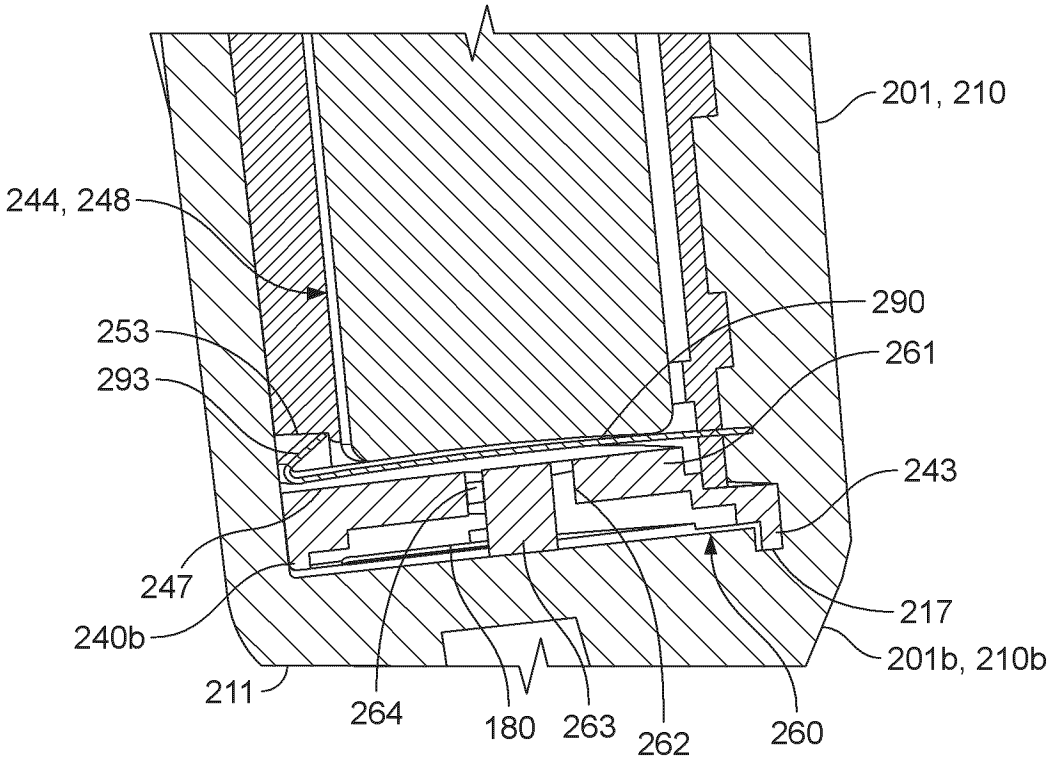
ФИГ. 17


229a
228a
202
241a
196, 197
226
220
241b
210a
220b
240
227
250
223
293
242
248
290
246
296
240
252
244
241c
210, 212
190

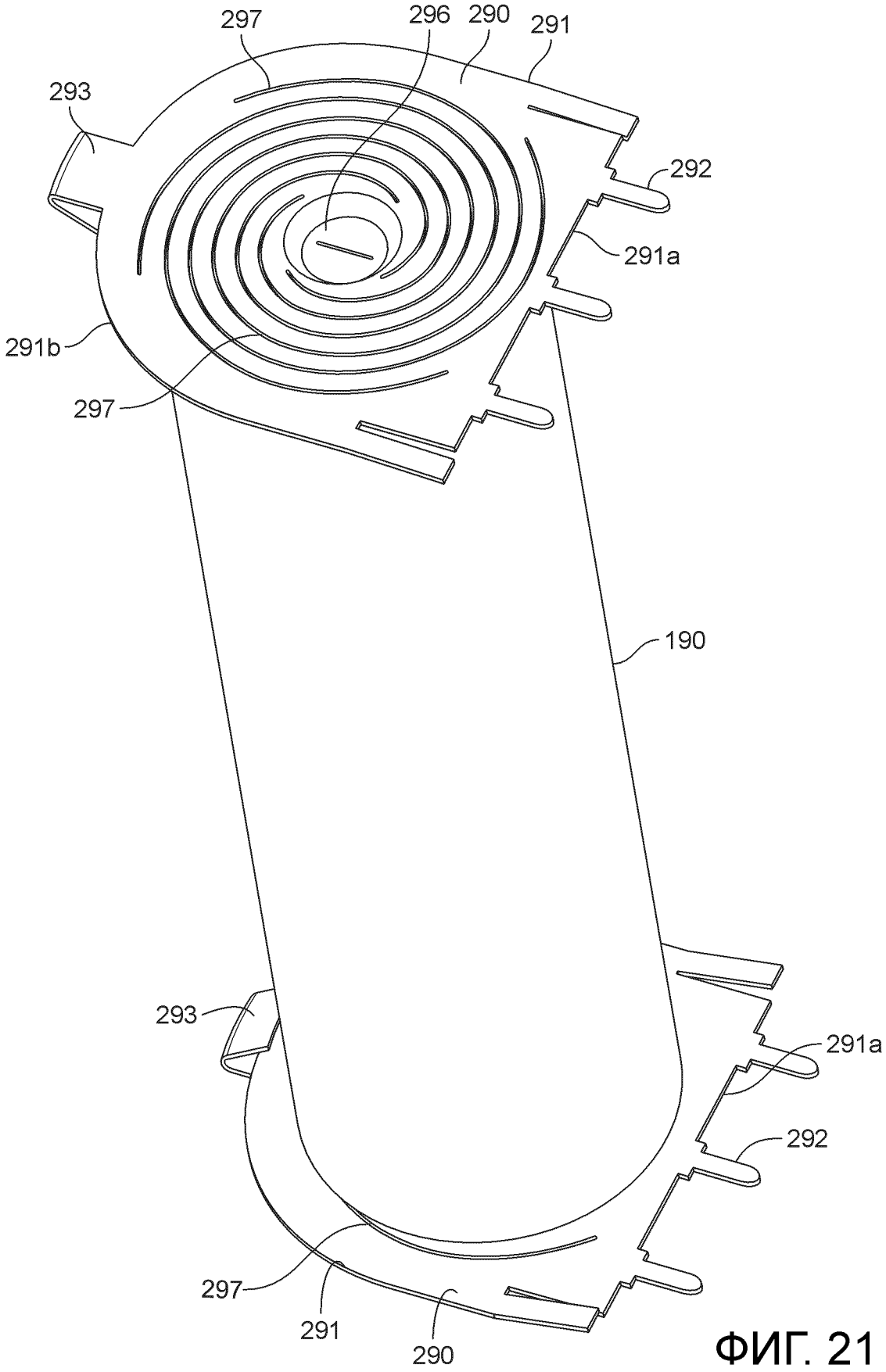
ФИГ. 18


260
261
190
290
262
195
244, 248
212
251
247
240b
214
264
263
211
216
180
219b
219a
218b
201b, 210b
217
243
201, 210

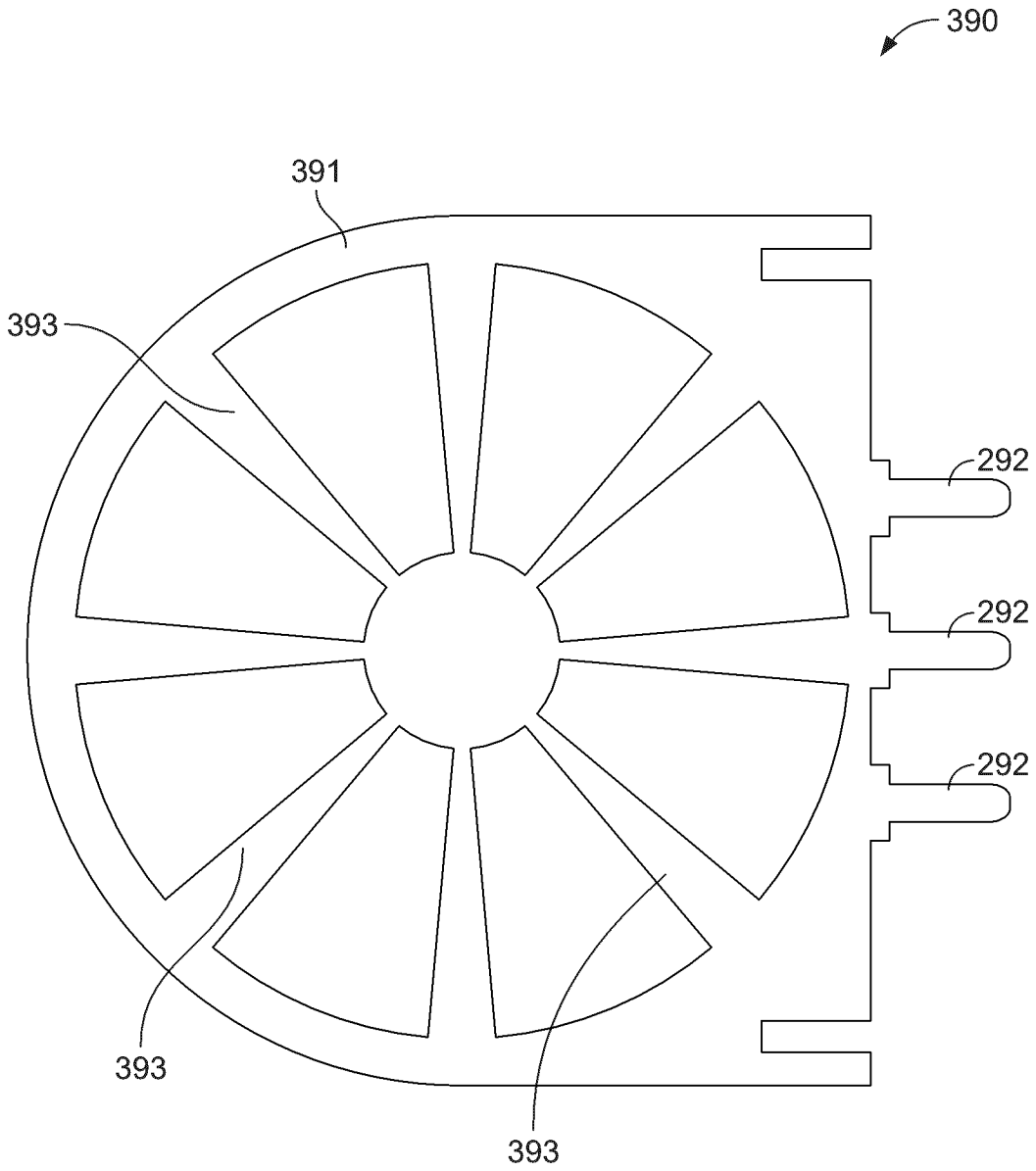
ФИГ. 19


201, 210
244, 248
253
293
290
261
243
247
240b
211
264
180
263
262
260
217
201b, 210b

ФИГ. 20


297
296
290
291
293
292
291a
291b
297
190
293
291a
292
297
291
290

ФИГ. 21



ФИГ. 22