

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202193196 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.03.17

(51) Int. Cl. G01V 1/16 (2006.01)  
G01V 1/18 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2019.05.28

(54) СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И ОТНОСЯЩИЕСЯ К НЕМУ СПОСОБЫ

(86) PCT/RU2019/000371

(72) Изобретатель:

(87) WO 2020/242336 2020.12.03

Контант Матиас (NO)

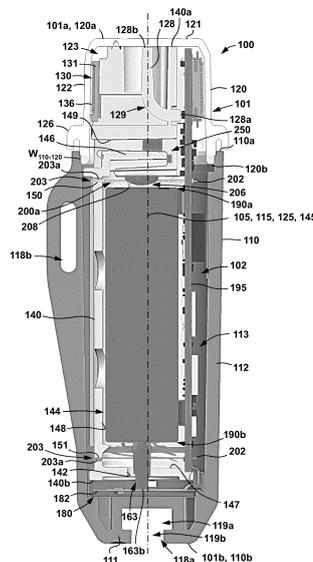
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

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

Медведев В.Н. (RU)

(57) Для примера раскрыты сейсмические датчики и способы, имеющие отношение к ним. Согласно варианту осуществления сейсмический датчик включает в себя наружный корпус и пробную массу, расположенную во внутренней полости наружного корпуса. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя первый поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости между пробной массой и верхним концом наружного корпуса, выполненный с возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя второй поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости между первым поджимающим элементом и верхним концом наружного корпуса. Более того, сейсмический датчик включает в себя сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости между пробной массой и нижним концом наружного корпуса, который выполнен с возможностью образования потенциала в ответ на перемещение наружного корпуса относительно пробной массы.



A1

202193196

202193196

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-302073EA/092

### СЕЙСМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И ОТНОСЯЩИЕСЯ К НЕМУ СПОСОБЫ ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[01] Не прилагается.

### ЗАЯВЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ФИНАНСИРУЕМЫХ ИЗ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЛИ ОПЫТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ РАЗРАБОТОК

[02] Не прилагается.

#### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[03] Сейсмические исследования, или сейсмическую разведку методом отраженных волн, используют для картирования геологической среды Земли. В течение сейсмических исследований управляемый сейсмический источник излучает низкочастотные сейсмические волны, которые распространяются через геологическую среду Земли. На границах раздела разнородных слоев 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, наводимые волнами. Вибрации грунта, обнаруживаемые сейсмическими датчиками на земной поверхности, могут иметь очень широкий динамический диапазон при амплитудах смещения в пределах от сантиметров до ангстремов. Данные, регистрируемые сейсмическими датчиками, анализируют для выявления структуры и состава геологической среды.

#### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[04] Несколько вариантов осуществления, раскрытых в этой заявке, относятся к сейсмическому датчику. Согласно одному варианту осуществления сейсмический датчик включает в себя наружный корпус, имеющий центральную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости. Наружный корпус выполнен с возможностью перемещения по оси относительно пробной массы. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя первый поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и верхним концом наружного корпуса. Первый поджимающий элемент выполнен с возможностью изгиба в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы и первый поджимающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности прорезей, продолжающихся по оси через него, и продолжающуюся по оси выемку. Более того, сейсмический датчик включает в себя второй поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым поджимающим элементом и верхним концом наружного корпуса. Второй поджимающий элемент включает в себя выступ, который выполнен с возможностью вхождения в зацепление с выемкой первого поджимающего

элемента. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и нижним концом наружного корпуса. Сенсорный элемент содержит пьезоэлектрический материал, выполненный с возможностью отклонения и образования потенциала в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы и изгибание первого поджимающего элемента и второго поджимающего элемента.

[05] Согласно другому варианту осуществления сейсмический датчик включает в себя наружный корпус, имеющий центральную ось, первый конец, второй конец, противоположный первому концу, и внутреннюю полость, и пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости. Пробная масса содержит источник питания. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя дисковый сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и вторым концом. Сенсорный элемент выполнен с возможностью обнаружения перемещения наружного корпуса относительно пробной массы. Кроме того, сейсмический датчик включает в себя электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом, первый упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым концом наружного корпуса и пробной массой, и второй упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и сенсорным элементом. Каждый из первого упругого диска и второго упругого диска содержит центральную область, соединенную с пробной массой, и радиально внешнюю периферию, неподвижно соединенную с внешним корпусом. Каждый из первого упругого диска и второго упругого диска включает в себя множество разнесенных по окружности прорезей, продолжающихся по оси через него. Первый упругий диск включает в себя продолжающуюся по оси выемку. Более того, сейсмический датчик включает в себя поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым упругим диском и первым концом наружного корпуса.

[06] Другие варианты осуществления, раскрытые в этой заявке, относятся к способу обнаружения сейсмических волн, проходящих через подземную формацию. Согласно варианту осуществления способ включает в себя (а) связывание сейсморазведочного прибора с грунтом над подземной формацией. Сейсморазведочный прибор включает в себя наружный корпус, имеющий продольную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость, пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости. Кроме того, сейсморазведочный прибор включает в себя сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и нижним концом наружного корпуса, и первый упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым концом наружного корпуса и пробной массой. Кроме того, сейсморазведочный прибор включает в себя второй упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и сенсорным элементом, и поджимающий элемент,

расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым упругим диском и верхним концом наружного корпуса. Поджимающий элемент включает в себя выступ, который помещается в продолжающейся по оси выемке первого упругого диска. Кроме того, способ включает в себя (b) ориентацию сейсморазведочного прибора вместе с продольной осью корпуса в вертикальное положение, (c) перемещение наружного корпуса по вертикали относительно пробной массы в ответ на сейсмические волны и (d) изгибание по оси первого упругого диска, второго упругого диска и поджимающего диска в ответ на (c). Кроме того, способ включает в себя (e) отклонение по оси сенсорного элемента в течение (c) и (d); и (f) образование сигнала сенсорным элементом, указывающего на вертикальное перемещение наружного корпуса относительно пробной массы в течение (c) в ответ на (e).

[07] Варианты осуществления, описанные в этой заявке, содержат сочетание признаков и характеристик, предназначенных для исключения различных недостатков, связанных с известными предшествующими устройствами, системами и способами. Признаки и технические характеристики раскрытых вариантов осуществления широко изложены выше для лучшего понимания подробного описания, которое следует ниже. Различные характеристики и признаки, описанные выше, а также и другие, станут без труда очевидными для специалистов в данной области техники при чтении нижеследующего подробного описания с обращением к сопровождающим чертежам. Следует понимать, что концепцию и раскрытые конкретные варианты осуществления можно легко использовать в качестве основы при модификации или проектировании других конструкций, предназначенных для решения таких же задач, для которых предназначены раскрытые варианты осуществления. Кроме того, следует понимать, что такие эквивалентные конструкции не будут отступать от сущности и объема принципов, раскрытых в этой заявке.

#### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

[08] Далее, при подробном описании различных примеров вариантов осуществления будет осуществляться обращение к сопровождающим чертежам, на которых:

[09] фиг. 1 - схематичное представление системы сейсмических исследований, предназначенной для разведки подземной формации геологической среды, согласно некоторым вариантам осуществления;

[10] фиг. 2 - перспективное изображение сейсмического датчика согласно варианту осуществления, который может быть использован в системе из фиг. 1 согласно некоторым вариантам осуществления;

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

[12] фиг. 4 - перспективное изображение аккумулятора и лапок сейсмического датчика из фиг. 2;

[13] фиг. 5 - увеличенный продольный разрез части сейсмического датчика из фиг. 2; и

[14] фиг. 6 - перспективное изображение поджимающего элемента сейсмического датчика из фиг. 2.

### **ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

[15] Нижеследующее рассмотрение относится к различным примерам вариантов осуществления. Однако специалисту в данной области техники следует понимать, что примеры, раскрытые в этой заявке, имеют широкое применение и что рассмотрение любого варианта осуществления означает только, что он приводится в качестве примера и не означает, что объем раскрытия, включая формулу изобретения, ограничивается этим вариантом осуществления.

[16] Чертежи необязательно выполнены в масштабе. Некоторые детали и компоненты могут быть показаны в увеличенном масштабе или несколько схематично, а некоторые особенности обычных элементов могут не быть показаны ради ясности и краткости.

[17] В нижеследующем рассмотрении и формуле изобретения термины «включающий» и «содержащий» используются в открытой форме и поэтому должны интерпретироваться как означающие «включающий, но не ограниченный...». Кроме того, термин «соединены» или «соединен» предполагается означающим либо косвенное, либо непосредственное соединение. Поэтому, если первое устройство соединено с вторым устройством, это соединение может быть непосредственным соединением двух устройств или косвенным соединением, которое создается через посредство других устройств, компонентов, узлов и соединений. Кроме того, используемые в этой заявке термины «осевой» и «по оси» обычно означают «вдоль или параллельно определенной оси» (например, центральной оси тела или отверстия), тогда как термины «радиальный» и «по радиусу» обычно означают «перпендикулярно к определенной оси». Например, осевое расстояние означает расстояние, измеряемое вдоль или параллельно оси, а радиальное расстояние означает расстояние, измеряемое перпендикулярно к оси. Кроме того, используемые в этой заявке, в том числе в формуле изобретения, слова «около», «обычно», «по существу», «приблизительно» и т.п. означают «в пределах плюс или минус 10%».

[18] Как ранее описывалось, в течение сейсмических исследований сейсмические источники используют для обнаружения отраженных сейсмических волн, чтобы выявить структуру и состав геологической среды. Сейсмический датчик одного вида основан на способности генерировать электрический сигнал. Например, такие датчики можно конструировать как микроэлектромеханические системы (МЭМС), используя подвергнутый микромеханической обработке кремний с металлическим покрытием, нанесенным на компоненты на противоположных сторонах небольшой и подпружиненной массы с гальваническим покрытием. Эти микроэлектромеханические датчики часто обладают преимуществом, заключающемся в небольшом размере и массе по сравнению с размером и массой геофона с подвижной катушкой. При перемещении микроэлектромеханической пробной массы относительно внешних неподвижных пластин

создается переменная емкость, которая обнаруживается как сигнал, пропорциональный ускорению датчика при перемещении. В некоторых случаях желательно ограничивать движение пробной массы по определенной оси или в определенном направлении во время нормальной работы и в то же время все же приспособливать пробную массу (и/или структуру, поддерживающую ее в сенсорном блоке) к большим внеосевым импульсам или ударам без возникновения повреждения. В соответствии с этим варианты осуществления, раскрытые в этой заявке, включают в себя сейсмические датчики, включающие один или несколько поджимающих элементов, которые обычно делают возможным относительное перемещение внутренней пробной массы и наружного корпуса по определенной продольной оси, но также ограничивают относительное перемещение пробной массы и корпуса в поперечном направлении. Кроме того, один или несколько поджимающих элементов могут сделать возможным некоторое относительное перемещение пробной массы и корпуса, когда достаточно большой внеосевой (например, поперечный) удар или импульс передается к сейсмическому датчику. Таким образом, благодаря использованию сейсмических датчиков, раскрытых в этой заявке, внеосевые вибрации могут быть снижены во время выполнения обычных операций сейсмических исследований, так что результирующие сейсмические измерения могут иметь меньшую зашумленность; при этом опасность повреждения внутренних компонентов сейсмического датчика в результате действия больших внеосевых импульсов также может быть снижена или полностью исключена.

[19] Теперь обратимся к фиг. 1, на которой показано схематичное представление системы 50 сейсмических исследований, предназначенной для исследования формации в геологической среде 51. Как показано на фиг. 1, геологическая среда 51 имеет относительно однородный состав за исключением слоя 52, который может быть, например, породой другого вида по сравнению с остальной частью геологической среды 51. Вследствие этого слой 52 может иметь другую плотность, скорость распространения упругих волн и т.д. по сравнению с остальной частью геологической среды 51.

[20] Система 50 исследований включает в себя сейсмический источник 54, расположенный на земной поверхности 56, и множество сейсмических датчиков 64, 66, 68, сильно связанных с поверхностью 56. Сейсмический источник 54 генерирует и излучает управляемые сейсмические волны 58, 60, 62, которые направляются вниз в геологическую среду 51 и распространяются в геологической среде 51. В общем случае сейсмический источник 54 может быть любым подходящим сейсмическим источником, в том числе, но без ограничения, взрывным сейсмическим источником, сейсмическим вибратором на шасси грузовика и системой ускоренного падения груза, также известной как сейсмический источник типа падающего груза на шасси грузовика. Например, сейсмический источник типа падающего груза на шасси грузовика может ударять о земную поверхность 56 массой «молота», создающего удар, который распространяется в геологической среде 51 как сейсмические волны.

[21] Вследствие других значений плотности слоя 52 и/или скорости

распространения упругих волн в нем по сравнению с аналогичными параметрами для остальной части геологической среды 51 сейсмические волны 58, 60, 62 по меньшей мере частично отражаются 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.

[22] Кроме того, сейсмический источник 54 может возбуждать поверхностные граничные волны 57, которые обычно распространяются вдоль поверхности 56 с относительно небольшими скоростями и обнаруживаются совместно с более глубокими отраженными сейсмическими волнами 58', 60', 62'. Поверхностные граничные волны 57 обычно имеют более значительную амплитуду, чем отраженные сейсмические волны 58', 60', 62', вследствие кумулятивных эффектов энергетических потерь во время распространения отраженных сейсмических волн 58', 60', 62', таких как геометрическое расхождение волнового фронта, потери на границе раздела при распространении волн, низкий коэффициент отражения и поглощение на пути распространения. Кумулятивный эффект от этих потерь, выраженный в виде разности амплитуд между различными волновыми сигналами, регистрируемыми датчиками 64, 66, 68, может иметь величину до 75 дБ, а в отдельных случаях больше чем 100 дБ.

[23] Датчики 64, 66, 68 обнаруживают различные волны 57, 58', 60', 62' и при этом сохраняют и/или передают данные, характеризующие обнаруженные волны 57, 58', 60', 62'. Эти данные можно анализировать, чтобы определять информацию о составе геологической среды 51, такую как местоположение слоя 52.

[24] Хотя система 50 сейсмических исследований показана и описана как поверхностная или наземная система, варианты осуществления, описанные в этой заявке, можно также использовать применительно к сейсмическим исследованиям в переходных зонах (например, в болотистой или торфяной местности, на участках мелкой воды, таких как прибрежные) и в морских системах сейсмических исследований, когда геологическая среда толщи пород (например, геологическая среда 51) покрыта слоем воды. В морских системах сейсмические датчики (например, сейсмические датчики 64, 66, 68) могут быть расположены в или на морском дне, или в ином случае на или в воде. Кроме того, в таких морских системах могут быть использованы сейсмические источники (например, сейсмические источники 54) иных видов, включая, но без ограничения, воздушные пушки и плазменные источники звука.

[25] Теперь обратимся к фиг. 2 и 3, на которых показан сейсмический датчик 100 согласно варианту осуществления. В общем случае сейсмический датчик 100 можно использовать в любой системе сейсмических исследований. Например, датчик 100 можно использовать в качестве любого одного или нескольких из датчиков 64, 66, 68 системы 50 сейсмических исследований, показанной на фиг. 1 и описанной выше. Хотя датчик 100 можно использовать в наземных или морских системах сейсмических исследований, он особенно подходит для наземных сейсмических исследований. Вообще говоря, сейсмический датчик 100 может включать в себя многочисленные компоненты,

аналогичные описанным в патенте США № 10139506, зарегистрированном 12 марта 2015 года, который полностью включен на все случаи в эту заявку путем ссылки.

[26] Что касается фиг. 3, то сейсмический датчик 100 согласно одному или нескольким вариантам осуществления включает в себя наружный корпус 101, узел 130 катушки индуктивности, расположенный в корпусе 101, носитель 140, расположенный в корпусе 101, и сенсорный узел 180, расположенный в корпусе 101 и соединенный с носителем 140. Корпус 101 имеет центральную или продольную ось 105, первый или верхний конец 101a, второй или нижний конец 101b и внутреннюю камеру или полость 102. Концы 101a, 101b закрыты и внутренняя полость 102 герметизирована и изолирована от среды, окружающей датчик 100, тем самым осуществляется защита чувствительных компонентов, расположенных в корпусе 101, от окружающей среды (например, воды, грязи и т.д.). Кроме того, корпус 101 включает в себя в общем чашеобразный каркас 110 и перевернутую чашеобразную крышку 120, неподвижно прикрепленную к каркасу 110.

[27] Каркас 110 имеет центральную или продольную ось 115, которая коаксиально совмещена с осью 105, первый или верхний конец 110a и второй или нижний конец 110b, определяющий нижний конец 101b корпуса 101. Кроме того, каркас 110 включает в себя основание 111 на нижнем конце 110b и трубчатый стакан 112, продолжающийся в осевом направлении вверх от основания 111 к верхнему концу 110a. Основание 111 закрывает стакан 112 на нижнем конце 110b; однако стакан 112 и каркас 110 открыты на верхнем конце 110a. В результате каркас 110 включает в себя приемник 113, продолжающийся по оси от верхнего конца 110a до основания 111. Приемник 113 образует часть внутренней полости 102 корпуса 101.

[28] В этом варианте осуществления каркас 110 наружного корпуса 101 включает в себя пару соединителей 118a, 118b. Соединитель 118a предусмотрен на основании 111 и соединитель 118b предусмотрен вдоль стакана 112. Соединитель 118a включает в себя прямоугольное сквозное отверстие 119a, продолжающееся по радиусу через него, и отверстие 119b, продолжающееся по оси от нижнего конца 110b до сквозного отверстия 119a. Отверстие 119b снабжено внутренней резьбой и в него ввинчивается снабженный наружной резьбой конец штыря (непоказанного), используемого для прикрепления датчика 100 к грунту во время выполнения операций сейсмических исследований. Сквозное отверстие 119a позволяет, например, прикреплять канат или что-либо подобное (непоказанное) к датчику 100 при разворачивании. В частности, канат может быть сложен вдвое и введен в сквозное отверстие 119a. Поэтому отверстие 119a имеет ширину, равную по меньшей мере двум диаметрам каната. Петлю, образуемую участком сложенного каната, пропускают через отверстие 119a и затем располагают вокруг датчика 100. Таким образом, множество датчиков 100 можно связывать одним канатом без боковых канатов, крюков или других механизмов, которые могут усложнять обращение с многочисленными датчиками 100.

[29] Соединитель 118b расположен вдоль наружной стороны стакана 112 вблизи верхнего конца 101a. В общем случае соединитель 118b обеспечивает альтернативное

место соединения для удержания датчика 100 во время разворачивания и подбора. В этом варианте осуществления соединитель 118b представляет собой визуальный соединитель или сквозное отверстие, в котором канат, шнур, крюк, карабин или что-либо подобное можно закреплять с возможностью удаления. Кроме того, соединитель 118b можно использовать способом, применяемым для сквозного отверстия 119a, позволяющим складывать канат вдвое и вводить через отверстие соединителя 118b. Поэтому отверстие соединителя 118b имеет ширину, равную по меньшей мере удвоенному диаметру каната. Затем петлю, образуемую участком сложенного каната, протянутую через отверстие соединителя 118b, можно расположить вокруг датчика 100. Таким способом множество датчиков 100 можно связать одним канатом без боковых канатов, крюков или других механизмов, которые могут усложнять обслуживание многочисленных датчиков. В этом варианте осуществления весь каркас 110 (включая основание 111 и стакан 112) изготовлен литьем под давлением.

[30] Что касается все еще фиг. 2 и 3, то крышка 120 имеет центральную или продольную ось 125, которая коаксиально совмещена с осью 105, первый или верхний конец 120a, определяющий 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 планарную цилиндрическую верхнюю часть 121 на верхнем конце 120a и трубчатый стакан 122, продолжающийся по оси вниз от верхней части 121 к нижнему концу 120b. Верхняя часть 121 закрывает стакан 122 на верхнем конце 120a; однако стакан 122 и крышка 120 открыты на нижнем конце 120b. В результате крышка 120 включает в себя верхнюю камеру или полость 123, продолжающуюся по оси от нижнего конца 120b до верхней части 121. Кольцевой фланец 126 выступает по радиусу наружу от стакана 122 вблизи нижнего конца 120b.

[31] Крышка 120 неподвижно прикреплена к каркасу 110 так, что крышка 120 коаксиально совмещена с каркасом 110, при этом нижний конец 120b крышки 120 расположен на верхнем конце 110a каркаса 110 и верхний конец 110a каркаса 110 связан с фланцем 126. Каркас 110 и крышка 120 имеют такие размеры, что посадка с натягом обеспечивается между нижним концом 120b крышки 120 и верхним концом 110a каркаса 110. В этом варианте осуществления каркас 110 и крышка 120 выполнены из одного и того же материала (поликарбоната) и поэтому могут быть приварены ультразвуком друг к другу для неподвижного прикрепления крышки 120 к каркасу 110. Более конкретно, как показано на фиг. 3, кольцевое ультразвуковое сварное соединение  $W_{110-120}$  образовано между радиально противоположной внешней поверхностью и радиально внутренней поверхностью стаканов 122, 112, соответственно, на концах 120b, 110a. Сварное соединение  $W_{110-120}$  определяет кольцевое уплотнение между крышкой 120 и каркасом 110, которое предотвращает (или по меньшей мере ограничивает) сообщение по текучей среде между полостями 113, 123 и средой, окружающей датчик 100.

[32] Что касается все еще фиг. 2 и 3, то источник 190 энергии или питания и электронные схемы 195 установлены с возможностью съема в носителе 140 внутри

корпуса 101, предпочтительно в полости 113 каркаса 110. В этом варианте осуществления источник 190 питания представляет собой аккумулятор, а электронные схемы 195 представлены в виде схемной платы (например, платы с печатным монтажом). Поэтому источник 190 питания также может называться аккумулятором 190 и электронные схемы 195 также могут называться схемной платой 195. Электронные схемы 195 неподвижно установлены в носителе 140 внутри корпуса 101. Кроме того, аккумулятор 190 расположен с возможностью перемещения в корпусе 101 так, что аккумулятор 190 во время работы может перемещаться по оси относительно корпуса 101 (по оси 105, описанной ниже), носителя 140 и схем 195. Вообще говоря, аккумулятор 190 включает в себя первый или верхний конец 190a и второй или нижний конец 190b, противоположный верхнему концу 190a. Когда аккумулятор 190 вставлен в полость 102 корпуса 101, верхний конец 190a аккумулятора 190 находится намного ближе к верхнему концу 101a, чем нижний конец 101b, и нижний конец 190b аккумулятора 190 намного ближе к нижнему концу 101b, чем верхний конец 101a.

[33] Сенсорный узел 180 включает в себя сенсорный элемент 182, который содержит плоский диск, расположенный в корпусе 101, предпочтительно в полости 113 каркаса 110 вблизи основания 111. В этом варианте осуществления сенсорный элемент 182 представляет собой плоский диск, содержащий один или несколько слоев жесткого пьезоэлектрического керамического материала. Более конкретно, сенсорный элемент 182 может содержать подложку, на которой закреплен пьезоэлектрический керамический материал. В некоторых вариантах осуществления пьезоэлектрический керамический материал содержит цирконат-титанат свинца (ЦТС), который считается дешевым и относительно прочным. В некоторых вариантах осуществления подложка может быть электропроводной и может содержать бериллиевую медь или бронзу. Один или несколько слоев пьезоэлектрического керамического материала могут быть присоединены к одному или нескольким слоям подложки (и потенциально расположены между ними) для образования по существу плоского элемента. Во время работы сенсорный элемент 182 может иметь достаточную упругую податливость для поддержания пробной массы датчика 100 без растрескивания. Кроме того, сенсорный элемент 182 (включая один или несколько слоев пьезоэлектрического керамического материала и подложку) может иметь изгибную жесткость, которая больше, чем изгибная жесткость взятого отдельно пьезоэлектрического керамического материала. В некоторых вариантах осуществления чувствительность и пиковая частота резонанса сенсорного элемента 182 могут определяться различными факторами (например, диаметром и толщиной сенсорного элемента 182, особенно пьезоэлектрическим керамическим материалом, отношением содержания титана к цирконию в пьезоэлектрическом керамическом материала и т.д.).

[34] Когда механическое напряжение прикладывается к сенсорному элементу 182 вследствие деформации или отклонения, пьезоэлектрический керамический материал образует электрический потенциал (вследствие пьезоэлектрического эффекта). Кроме того, в некоторых случаях изменение окружающего электромагнитного поля может

вызывать физическое изменение формы цирконата-титаната свинца и тем самым приводить к снижению качества данных измерений, захватываемых сенсорным элементом 182. В соответствии с этим в некоторых вариантах осуществления экранирующая оболочка может быть расположена вокруг сенсорного элемента 182 для снижения или предотвращения любого влияния локального электромагнитного поля на пьезоэлектрический керамический материал во время работы. Сенсорный элемент 182 электрически соединен со схемной платой 195 проводами, штыревыми контактами или другими подходящими токопроводящими перемычками, так что электрический потенциал, создаваемый пьезоэлектрическим керамическим материалом, обнаруживается и измеряется электроникой, размещенной на схемной плате 195, и сохраняется в запоминающем устройстве на схемной плате 195.

[35] Узел 130 катушки индуктивности используется для индуктивной зарядки аккумулятора 190 с наружной стороны датчика 100 (например, беспроводным способом). В этом варианте осуществления узел 130 катушки установлен в полости 123 крышки 120 и включает в себя цилиндрический стаканый каркас 131 и катушку 136, намотанную вокруг каркаса 131. Катушка 136 электрически соединена со схемной платой 195 проводами или другими подходящими токопроводящими перемычками (непоказанными), которые обеспечивают прохождение тока к схемной плате 195, которая, в свою очередь, заряжает аккумулятор 190 во время выполнения операций зарядки.

[36] Что касается все еще фиг. 2 и 3, то в этом варианте осуществления носитель 140 поддерживает схемную плату 195 и световод 128 в полости 102 наружного корпуса 110. В этом варианте осуществления носитель 140, схемная плата 195 и световод 128 неподвижно прикреплены к наружному корпусу 101 и не перемещаются относительно наружного корпуса 101, однако аккумулятор 190 соединен с носителем 140 с возможностью перемещения и поэтому аккумулятор 190 (который в этой заявке может называться «пробной массой» для сейсмического датчика 100) может перемещаться по оси относительно носителя 140, схемной платы 195, световода 128 и наружного корпуса 101.

[37] Носитель 140 имеет центральную или продольную ось 145, коаксиально совмещенную с осью 105, первый или верхний конец 140а, продолжающийся через узел 130 катушки индуктивности, и второй или нижний конец 140б, прилегающий в осевом направлении к основанию 111. Носитель 140 имеет осевую длину, которая является по существу такой же, как осевая длина полости 102. Таким образом, верхний конец 140а сцеплен с верхней частью 121 крышки 120 и нижний конец 140б расположен напротив сенсорного узла 180, который, в свою очередь, поддерживается основанием 111 каркаса 110. Более конкретно, носитель 140 в осевом направлении сжат крышкой 120 и каркасом 110. В результате перемещение носителя 140 относительно наружного корпуса 110 большей частью ограничено (или предотвращено полностью) во время работы, так что носитель 140 неподвижно закреплен или установлен в корпусе 101.

[38] Что касается все еще фиг. 2 и 3, то носитель 140 включает в себя

продолжающуюся по оси внутреннюю выемку или карман 144. Карман 144 ограничен верхней торцевой поверхностью 149, нижней торцевой поверхностью 147 и цилиндрической поверхностью 148, продолжающейся по оси между торцевыми поверхностями 149, 147. Аккумулятор 190 расположен в кармане 144, но не соприкасается с носителем 140. В частности, размеры кармана 144 больше, чем размеры аккумулятора 190 (например, радиус поверхности 148 больше, чем внешний радиус аккумулятора 190, и осевое расстояние между торцевыми поверхностями 149, 147 больше, чем длина аккумулятора 190 между концами 190а, 190б). В этом варианте осуществления аккумулятор 190 ориентирован параллельно совмещенным осям 105, 145, но по радиусу несколько смещен от них. В частности, центральная ось (непоказанная) аккумулятора 190 смещена по радиусу от осей 105, 145 на от около 1,0 до около 1,5 мм.

[39] Что касается теперь в особенности фиг. 3, то носитель 140 также включает в себя выступ 146, который продолжается в основном по радиусу в кармане 144 и который расположен по оси между верхним концом 190а аккумулятора 190 и верхней поверхностью 149. Кроме того, носитель 140 включает в себя первую или верхнюю кольцевую выемку 150 и вторую или нижнюю кольцевую выемку 151. Верхняя кольцевая выемка 150 продолжается по радиусу наружу от цилиндрической поверхности 148 кармана 144 в носителе 140 вблизи верхнего конца 110а каркаса 110, но в осевом направлении ниже выступа 146, а нижняя кольцевая выемка 151 продолжается по радиусу наружу от цилиндрической поверхности 148 кармана 144 вблизи основания 111. Кроме того, носитель 140 включает в себя сквозное отверстие 142, продолжающееся сквозь нижнюю поверхность 147 кармана 144 в направлении, которое в основном параллельно совмещенным осям 105, 145.

[40] Что касается все еще фиг. 3, то удлиненный криволинейный L-образный световод 128 неподвижно прикреплен к носителю 140, при этом в осевом направлении в основном выше кармана 144 в полости 123 крышки 120. В этом варианте осуществления световод 128 объединен с носителем 140 и монолитно образован вместе с ним. Световод 128 обычно является «L-образным» и поэтому включает в себя первый конец 128а, второй конец 128б и имеет 90-градусный изгиб или угол 129 между концами 128а, 128б. Как будет описано более подробно ниже, световод 128 беспроводным способом осуществляет связь при передаче данных к схемной плате 195 и от нее сквозь верхнюю часть 121. Для содействия прохождению света световод 128 и верхняя часть 121 выполнены из прозрачного материала. В этом варианте осуществления вся крышка 120 (включая верхнюю часть 121 и стакан 122) и световод 128 выполнены из прозрачного поликарбоната.

[41] Теперь обратимся к фиг. 3 и 4, на которых показанный аккумулятор 190 имеет цилиндрическую форму и соединен со схемной платой 195 парой лапок 200. В частности, лапки 200 расположены на концах 190а, 190б аккумулятора 190 и подпружинены для прижатия в осевом направлении аккумулятора 190 между ними (например, по направлению совмещенных осей 105, 145). В этом варианте осуществления лапки 200

выполнены из металла (например, стали, такой как пружинная сталь) и обеспечивают как физическое, так и электрическое соединение между аккумулятором 190 и схемной платой 195. Таким образом, лапки 200 позволяют аккумулятору 190 подводить энергию к схемной плате 195 и обеспечивать выполнение различных функций компонентами платы 195 во время выполнения операций сейсмических исследований и позволяют плате 195 подводить энергию к аккумулятору 190 во время выполнения операций индуктивной зарядки.

[42] В этом варианте осуществления каждая лапка 200 представляет собой упругий полужесткий элемент, с помощью которого аккумулятор 190 поддерживается в кармане 144 носителя 140. Как лучше всего показано на фиг. 4, каждая лапка 200 содержит упругий диск 201, множество зубцов 202, вытянутых по радиусу от диска 201, и соединитель 203, вытянутый по радиусу от диска 201 (например, относительно оси 105, ранее описанной). Соединитель 203 включает в себя вытянутый в осевом направлении выступающий приподнятый горб или выступ 203а (например, по оси 105, ранее описанной). Как лучше всего показано на фиг. 4, диск 201 имеет полуцилиндрическую форму, включающую прямолинейную кромку 201а и полукруговую кромку 201b, продолжающуюся от прямолинейной кромки 201а. Зубцы 202 вытянуты от прямолинейной кромки 201а и соединитель 203 вытянут от полукруговой кромки 201b, противоположной зубцам 202.

[43] Для ясности и дальнейшего пояснения укажем, что лапка 200, связанная с верхним концом 190а аккумулятора 190, может быть названа верхней лапкой 200а и лапка 200, связанная с нижним концом 190b аккумулятора 190, может быть названа нижней лапкой 200b. В данном случае обычное упоминание «лапки 200» относится как к верхней лапке 200а, так и к нижней лапке 200b. Полукруговая кромка 201b верхней лапки 200а расположена в верхней выемке 150 носителя 140 и полукруговая кромка 201b нижней лапки 200b расположена в нижней выемке 151 носителя 140. Как лучше всего показано на фиг. 3, выступ 203а соединителя 203 на верхней лапке 200а расположен в верхней выемке 150 и выступ 203а соединителя 203 на нижней лапке 200b расположен в нижней выемке 151. Благодаря расположению кромок 201b и соединителей 203 в выемках 250, 252 внешняя периферия лапок 200 сохраняется в основном статической или фиксированной относительно носителя 140 и наружного корпуса 101. В этом варианте осуществления зубцы 202 лапок 200 продолжаются сквозь схемную плату 195 и припаяны к ней.

[44] Теперь обратимся к фиг. 3-5, на которых верхняя лапка 200а включает в себя центральный выступ 208 и множество равномерно разнесенных по окружности сквозных выемок или прорезей 207, расположенных по радиусу между выступом 208 и кромками 201а, 201b. Верхняя лапка 200а ориентирована так, что центральный выступ 208 обращен и продолжается к верхнему концу 190а аккумулятора 190 в осевом направлении (например, по направлению совмещенных осей 105, 145). Кроме того, на выступе 208 образован приемник или выемка 206 на противоположной стороне верхней лапки 200а (например, на стороне верхней лапки 200а, которая отвернута в осевом направлении от

верхнего конца 190а аккумулятора 190). Выступ 208 включает в себя усеченную коническую стенку 206 (и поэтому выемка 206 образована в ней), которая продолжается в осевом направлении до плоской конечной стенки 206b. Выступ 208 неподвижно соединен с верхним концом 190а аккумулятора 190. В частности, в этом варианте осуществления конечная стенка 206b приварена точечной сваркой к верхнему концу 190а аккумулятора 190.

[45] Нижняя лапка 200b не имеет выступа 208 и выемки 206, описанных выше для верхней лапки 200а, а вместо них включает в себя цилиндрическую стойку 163, вытянутую по оси от нее (см. фиг. 3). Как лучше всего показано на фиг. 3, цилиндрическая стойка продолжается по оси на расстояние от нижнего конца 190b аккумулятора 190 и через сквозное отверстие 142, когда, как описано выше, нижняя лапка 200b установлена в полости 102. Как будет описано более подробно ниже, стойка 163 может свободно перемещаться по оси в сквозном отверстии 142, когда во время работы наружный корпус 101 и носитель 140 совершают возвратно-поступательное движение по оси относительно аккумулятора 190. Как показано на фиг. 3, дистальный конец 163b стойки 163 находится в зацеплении с сенсорным элементом 182 сенсорного узла 180. Поэтому, когда стойка 163 перемещается по оси в сквозном отверстии 142, дистальный конец 163b передает силы и давление к сенсорному элементу 182, так что элемент 182 начинает генерировать электрические сигналы, которые являются указывающими на вибрации, передаваемые к датчику 100 во время работы, что будет описано более подробно ниже.

[46] Опять обратимся к фиг. 3 и 4, на которых каждая прорезь 207 в лапках 200 продолжается по оси сквозь соответствующую лапку 200. Кроме того, каждая прорезь 207 проходит по спирали, перемещаясь по радиусу наружу от радиально внутреннего конца вблизи центрального выступа к кромкам 201а, 201b. В этом варианте осуществления предусмотрены четыре прорези 207, при этом каждая пара прилегающих по окружности внутренних концов прорезей 207 имеет угловой шаг  $90^\circ$  вокруг оси 145, каждая пара прилегающих по окружности внешних концов прорезей 207 имеет угловой шаг  $90^\circ$  вокруг оси 145 и каждая прорезь 207 продолжается на всем протяжении угла спирали, измеряемого вокруг оси 145 между ее концами, составляющего  $360^\circ$ . Радиально внутренние концы прорезей 207 в верхней лапке 200а радиально прилегают к выступу 208 и радиально внутренние концы прорезей 207 в нижней лапке 200b радиально прилегают к стойке 163.

[47] Как описывалось ранее, лапки 200 обеспечивают электрические соединения между аккумулятором 190 и схемной платой 195. Кроме того, лапки 200 функционируют подобно пружинам или поджимающим элементам для подвешивания аккумулятора 190 в кармане 144. В соответствии с этим лапки 200 могут также называться пружинами или поджимающими элементами. В частности, лапки 200 представляют собой упругие гибкие элементы, которые изгибаются и упруго деформируются в ответ на относительное осевое перемещение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно аккумулятора 190. Кроме того, лапки 200 смещают по радиусу аккумулятор 190 в центральное или

концентрическое положение в кармане 114, удаленное по радиусу от носителя 140. В частности, наличие спиральных прорезей 207 повышает гибкость лапок 200 в области, вдоль которой прорези 207 расположены, вследствие чего делается возможным относительно легкое изгибание этой области в осевом направлении (кверху и книзу). Кроме того, спиральные прорези 207 повышают гибкость каждой лапки 200 в радиальном направлении. Однако в большинстве случаев спиральные прорези 207 могут несколько препятствовать изгибу лапок 200 в радиальном направлении. Когда осевая нагрузка прикладывается к лапкам 200 носителем 140 или аккумулятором 190, то вследствие относительно высокой степени гибкости лапок 200 в осевом направлении, прорезям 207 обычно предоставляется возможность свободного относительного перемещения по оси между центральным выступом 208 и кромками 201a, 201b верхней лапки 200a и свободного относительного перемещения между стойкой 163 и кромками 201a, 201b нижней лапки 200b. Однако, когда радиальная нагрузка прикладывается к лапкам 200 носителем 140 или аккумулятором 190, то вследствие более ограниченной гибкости в радиальном направлении прорези 207 обычно могут препятствовать некоторому (но не обязательно всему) радиальному перемещению между центральным выступом 208 и кромками 201a, 201b верхней лапки 200a и между стойкой 163 и кромками 201a, 201b нижней лапки 200b. Таким образом, лапки 200 смещают аккумулятор 190 и носитель 140 обратно в по существу коаксиальное совмещение с осями 105, 145 (но при радиальном смещении аккумулятора 190, описанном выше).

[48] Что касается теперь фиг. 3, 5 и 6, то поджимающий элемент 250 установлен в кармане 144 носителя 140 и находится в зацеплении с верхней лапкой 200a. Как будет описано более подробно ниже, поджимающий элемент 250 способствует осевому отклонению аккумулятора 190 и лапок 200 во время работы и в то же время обычно также препятствует радиальному отклонению аккумулятора 190 и лапок 200. Однако поджимающий элемент 250 делает возможным радиальное отклонение аккумулятора 190 и лапок 200, чтобы исключить повреждение, когда достаточно большие, направленные радиально удары передаются к датчику 100. Как лучше всего показано на фиг. 6, поджимающий элемент 250 включает в себя первый конец 250a, второй конец 250b и тело 252, продолжающееся между концами 250a, 250b.

[49] Вообще говоря, поджимающий элемент 250 представляет собой плоскую пружину (например, такую как пластинчатая пружина) и поэтому тело 250 представляет собой удлиненный упругий элемент с одним или несколькими изгибами между концами 250a, 250b. В частности, тело 252 включает в себя первый или закрепленный участок 253 и второй или свободный участок 254. Закрепленный участок 253 продолжается от первого конца 250a и свободный участок 254 продолжается от закрепленного участка 253 до второго конца 250b.

[50] Более конкретно, закрепленный участок включает в себя соединитель 251, расположенный на первом конце 250a, первую ножку 253a, вытянутую от соединителя 251, и вторую ножку 253b, вытянутую от первой ножки 253a до свободного участка 254. В

этом варианте осуществления вторая ножка 253b вытянута под углом приблизительно  $90^\circ$  к первой ножке 253a, когда нагрузка не прилагается к поджимающему элементу 250. Первая соединительная лапка 256 продолжается наружу от первой ножки 253a закрепленного участка 253 и вторая соединительная лапка 258 продолжается наружу от второй ножки 253b закрепленного участка 253.

[51] Свободный участок 254 включает в себя первую ножку 254a, вытянутую от второй ножки 253b закрепленного участка 253, и вторую ножку 254b, вытянутую от первой ножки 254a до второго конца 250b. Первая ножка 254a вытянута под углом от 0 до  $90^\circ$ , таким как, например от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ , относительно второй ножки 253b закрепленного участка 253, когда нагрузка не прикладывается к поджимающему элементу 250. Вторая ножка 254b свободного участка 254 вытянута под углом от 0 до  $45^\circ$ , таким как, например от 0 до  $30^\circ$ , относительно первой ножки 254a, когда нагрузка не прикладывается к поджимающему элементу 250. В этом варианте осуществления вторая ножка 254a вытянута в общем параллельно первой ножке 253a закрепленного участка 253, когда нагрузка не прилагается к поджимающему элементу.

[52] Выступ прикреплен к свободному участку 254 поджимающего элемента 250 вблизи второго конца 250b. В этом варианте осуществления выступ содержит выпуклый сцепляющий элемент 260, который включает в себя выпуклую полусферическую поверхность 262. Выпуклый сцепляющий элемент 260 соединен с второй ножкой 254b свободного участка 254 вблизи второго конца 250b.

[53] Поджимающий элемент 250 и, в частности тело 252, можно выполнять из любого подходящего эластичного упругого материала, такого как, например, металл (например, сталь, такая как пружинная сталь). Кроме того, тело 252 может иметь толщину, которая во время работы обеспечивает соответствующее отклонение тела 252 (например, в особенности свободного участка 254), не очень сильное или не очень слабое в свете ожидаемых сил в датчике 100. В этом варианте осуществления толщина тела 252 может быть в пределах от около 0,12 мм до около 0,27 мм. В частности, в одном или нескольких вариантах осуществления толщина тела 252 может быть около 0,20 мм. При повышении толщины тела 252 жесткость тела 252 обычно возрастает, тогда как гибкость тела 252 обычно снижается. При уменьшении толщины тела 252 жесткость тела 252 обычно снижается, тогда как гибкость тела 252 обычно возрастает. Согласно одному или нескольким вариантам осуществления тело 252 выполнено с возможностью достижения достаточной жесткости в поперечном направлении сейсмического датчика при достаточной гибкости в осевом направлении сейсмического датчика. В частности, согласно одному или нескольким вариантам осуществления эти условия могут удовлетворяться, когда толщина тела 252 составляет около 0,2 мм; однако другие значения, выходящие из указанных выше пределов, предполагаются возможными для других вариантов осуществления. Кроме того, тело 252 может иметь равномерную (например, постоянную) или неравномерную (например, переменную) толщину между концами 250a, 250b. В этом варианте осуществления толщина тела 252 обычно является

равномерной между концами 250a, 250b.

[54] Как показано на фиг. 5, закрепленный участок 253 расположен вокруг выступа 146 в приемнике 144 так, что первая и вторая ножки 253a, 253b находятся в зацеплении с выступом 146. В частности, первая ножка 253a находится в зацеплении вдоль первой поверхности 146a выступа 146, тогда как вторая ножка 253b находится в зацеплении с второй поверхностью 146b выступа. Первая поверхность 146a продолжается в основном по радиусу относительно осей 105, 145 и вторая поверхность 146b продолжается по существу ортогонально к первой поверхности 146a (например, в этом варианте осуществления вторая поверхность 146b продолжается в основном по оси в соответствии с осями 105, 145). Кроме того, соединитель 251 находится в зацеплении с выемкой 143, образованной в выступе 146 на противоположной второй поверхности 146b, первая соединительная лапка 256 находится в зацеплении с верхней торцевой поверхностью 149 кармана 144 и вторая соединительная лапка 258 находится в зацеплении с внутренней стенкой кармана 144. Поэтому, когда закрепленный участок 253 поджимающего элемента 250 расположен вокруг выступа 146 в кармане 144, как это показано на фиг. 5, предотвращается (или по меньшей мере ограничивается) перемещение закрепленного участка 253 относительно выступа 146.

[55] Кроме того, когда поджимающий элемент 250 находится в зацеплении вокруг выступа 146, как описано выше, полусферическая поверхность 262 выпуклого сцепляющего элемента 260 продолжается в основном к верхней лапке 200a. В частности, выпуклая поверхность 262 помещается в выемке 206 так, что полусферическая поверхность 262 находится в зацеплении с усеченной конической поверхностью 206a. Зацепление со скольжением между полусферической поверхностью 262 и усеченной конической поверхностью 206a способствует выравниванию между выпуклым сцепляющим элементом 260, верхней лапкой 200a и аккумулятором 190 в направлении, которое является параллельным совмещенным осям 105, 145, но смещенным по радиусу от них. Поэтому вследствие зацепления между элементом 260 и выемкой 206 аккумулятор 190 также может смещаться к центральному положению внутри кармана 144 в радиальном направлении относительно совмещенных осей 105, 145.

[56] Когда поджимающий элемент 250 установлен вокруг выступа 146 в кармане 144, как это описано выше, тело 252, включая закрепленный участок 253 и свободный участок 254, может изгибаться и прогибаться между концами 250a, 250b. В частности, в этом варианте осуществления свободный участок 254 может упруго изгибаться, прогибаться и отклоняться относительно закрепленного участка 253. А именно, первая ножка 254a свободного участка 252 может изгибаться или прогибаться относительно второй ножки 253b закрепленного участка 253. Кроме того, во время работы ножки 254a, 254b свободного участка 254 также могут упруго изгибаться, прогибаться и отклоняться относительно друг друга. Вследствие этого во время работы выпуклый сцепляющий элемент 260 может смещаться по оси в выемку 206 верхней лапки 200a, а тело 252 может изгибаться и упруго деформироваться для согласования с осевыми отклонениями

сцепляющего элемента 260 (например, по направлению совмещенных осей 105, 145). Кроме того, форма поджимающего элемента 250 является такой, что радиальным отклонениям выпуклого сцепляющего элемента 260 оказывается сильное сопротивление, и потенциально они предотвращаются. Однако, как будет описано более подробно ниже, если сильные удары передаются к датчику 100 в радиальном направлении (например, относительно совмещенных осей), аккумулятор 190 может сместиться в радиальном направлении в приемнике 144 вследствие зацепления со скольжением между полусферической поверхностью 262 на выпуклом сцепляющем элементе 260 и усеченной конической поверхностью 206а выемки 206.

[57] Что касается теперь фиг. 3-5, то во время сейсмических исследований множество датчиков 100 связывают с земной поверхностью (например, вместо датчиков 64, 66, 68 в системе 50, показанной на фиг. 1). Например, каждый датчик 100 может быть прикреплен к штырю, который продвигают в грунт. В ином случае весь датчик 100 может быть закопан в грунт или помещен на глубине в шпуре. Независимо от того, каким образом датчики 100 связывают с грунтом, каждый датчик 100 располагают, ориентируя ось 105, как правило, в вертикальном направлении (например, совмещая с направлением гравитационной силы).

[58] Вступление продольной сейсмической волны вызывает перемещение, в основном в вертикальном направлении, наружного корпуса 101 и компонентов, неподвижно соединенных с ним (например, узла 130 катушки, носителя 140, схемной платы 195, световода 129 и т.д.). Инертность пробной массы (которая, как описывалось ранее выше, в этом варианте осуществления содержит аккумулятор 190) в наружном корпусе 101 является причиной возникновения сопротивления перемещению пробной массы при смещении наружного корпуса 101 и носителя 140, и следовательно, наружный корпус 101 и носитель 140 совершают возвратно-поступательное движение по оси относительно пробной массы в пределах, позволяемых лапками 200 и поджимающим элементом 250. Это перемещение вызывает изгиб или отклонение лапок 200 и свободного участка 254 (включая сцепляющий элемент 260) поджимающего элемента 250 и нагрузка пробной массы воспринимается сенсорным элементом 182. Осевое возвратно-поступательное движение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно пробной массы обычно сохраняется пока продольная сейсмическая волна проходит через датчик 100.

[59] Во время осевых возвратно-поступательных движений наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно пробной массы сенсорный элемент 182 циклически отклоняется стойкой 163. Как описывалось ранее, когда механическое напряжение прикладывается к сенсорному элементу 182 вследствие деформирования или отклонения стойкой 163, пьезоэлектрический керамический материал образует электрический потенциал (вследствие пьезоэлектрического эффекта). Электрический потенциал передается на схемную плату 195 по проводам (или по другим подходящим токопроводящим дорожкам, ранее описанным), где он обнаруживается и может

дискретизироваться и сохраняться в запоминающем устройстве в качестве меры амплитуды сейсмической вибрации. Таким образом, во время работы сенсорный элемент 182 образует сигнал, который является указывающим на вертикальное перемещение наружного корпуса 101 относительно пробной массы (например, аккумулятора 190), наводимое сейсмической вибрацией. Данные, сохраняемые в запоминающем устройстве на схемной плате 195, могут быть переданы к внешнему устройству для дальнейшего рассмотрения и анализа (например, как описывалось ранее, по световоду 228 и через верхнюю часть 221).

[60] Как описывалось ранее, лапки 200 и поджимающий элемент 250 делают возможным в основном свободное перемещение пробной массы относительно наружного корпуса 101. В положении покоя стойка 163 находится в зацеплении с сенсорным элементом 180, а кроме того, сенсорный элемент 180 поддерживает большую часть груза или по существу весь груз пробной массы. Осевое возвратно-поступательное движение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно пробной массы воздействует на сенсорный элемент 180, повышая и снижая степень напряжения. Как ранее описывалось выше, вариации напряжения, испытываемого сенсорным элементом, используются для обнаружения и измерения сейсмических волн. Однако следует понимать, что керамический материал сенсорного элемента 182 может быть поврежден избыточным напряжением. В соответствии с этим максимальное осевое перемещение наружного корпуса 101 относительно пробной массы ограничивают для защиты сенсорного элемента 180 и предохранения его от чрезмерного напряжения. В этом варианте осуществления максимальное осевое перемещение наружного корпуса 101 к пробной массе регулируется и ограничивается носителем 140, при этом лапки 200 и свободный конец 254 поджимающего элемента 250 могут отклоняться по оси вверх до зацепления свободного конца 254 поджимающего элемента 250 с выступом 146 и лапки 200 и поджимающий элемент 250 могут отклоняться по оси вниз до осевого зацепления нижней лапки 200b с носителем 140 на нижнем конце 147 кармана 144.

[61] Как описывалось ранее выше, направленное по оси перемещение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно пробной массы используется для образования сигналов, характеризующих обнаруживаемые сейсмические вибрации (например, посредством сенсорного элемента 182). И наоборот, направленное по радиусу перемещение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно пробной массы может быть причиной нежелательного шума в выходном сигнале от сенсорного элемента 182. Вследствие этого лапки 200 и поджимающий элемент 250 обычно смещают аккумулятор 190 к центральному положению в кармане 144 носителя 140 с тем, чтобы в основном ограничить перемещение пробной массы (которая и в этом случае содержит аккумулятор 190) относительно корпуса 101 и носителя 140 в радиальном направлении, как это было ранее описано выше. Следовательно, во время сейсмических исследований перемещение наружного корпуса 101 и носителя 140 относительно аккумулятора 190 происходит преимущественно в осевом направлении.

[62] Однако во время выполнения операций сейсмического исследования относительно сильные, направленные по радиусу импульсы или удары могут передаваться к датчику 100. Источники таких направленных по радиусу ударов включают в себя, например, источники в окружающей среде. В некоторых вариантах осуществления источники в окружающей среде могут включать в себя функционирующие средства передвижения, работающее оборудование, поверхностные волны, искусственные источники, которые создают импульсы/удары, естественные источники, которые создают импульсы/удары и/или сочетание их. Если во время выполнения этих операций радиальное относительное перемещение аккумулятора 190 и корпуса 101 (и носителя 140) полностью исключить, эти относительно сильные удары могут передаваться к различным компонентам в корпусе 101 и повреждать их (например, схемы 195, аккумулятор 190, носитель 140 и т.д.). Для предотвращения возникновения такого повреждения выпуклый сцепляющий элемент 260 может быть сдвинут по радиусу в выемке 260 верхней лапки 200а, когда достаточно большая направленная по радиусу сила передается к ним через корпус 101 и носитель 140. Это перемещение поджимающего элемента 250 относительно верхней лапки 200а и аккумулятора 190 может позволить рассеивать некоторую часть энергии (или всю энергию) направленного по радиусу удара и тем самым сберечь от повреждения компоненты в датчике 100.

[63] Что касается особенно фиг. 5, то во время выполнения операций описанных выше сейсмических исследований сцепляющий элемент 260 поджимающего элемента 250 обычно расположен в выемке 206 верхней лапки 200а, так что полусферическая поверхность 262 находится в зацеплении с усеченной конической поверхностью 206а. Трение между поверхностями 262, 206а (которое может быть повышено направленными по оси поджимающими силами, прилагаемыми от поджимающего элемента 250 и лапок 200) обычно предотвращает радиальное перемещение между выпуклым сцепляющим элементом 260 и выемкой 206, так что шум в результирующем выходном сигнале от сенсорного элемента 182 снижается. Однако, если достаточно сильный направленный по радиусу удар, такой как, например, направленный по радиусу удар, сила или импульс, который превышает порог, передается к сцепляющему элементу 260 или выемке 206 (например, радиальный относительно совмещенных осей 105, 145), то сцепляющий элемент 260 может сдвинуться по радиусу в выемке 206. В результате полусферическая поверхность 262 может войти в зацепление со скольжением с усеченной конической поверхностью 206а (и потенциально даже с конечной стенкой 206b), чтобы позволить корпусу 101 и носителю 140 переместиться относительно пробной массы. В течение этого процесса сцепляющий элемент 260 не полностью или не вполне выводится из зацепления с выемкой 206 вследствие ограниченного радиального зазора между аккумулятором 190 и цилиндрической стенкой 148 кармана 140. В результате после устранения или уменьшения направленной по радиусу силы сцепляющий элемент 260 смещается обратно в центральное по радиусу положение в выемке 206 (например в положение, показанное на фиг. 5) благодаря, например, зацеплению со скольжением полусферической поверхности

262 и усеченной конической поверхности 206а и осевому смещению, создаваемому поджимающим элементом 250 и лапками 200. Поэтому в этом варианте осуществления зацепление со скольжением между выпуклым сцепляющим элементом 260 поджимающего элемента 250 и выемкой 206 верхней лапки 200а позволяет осуществлять относительное радиальное перемещение верхней лапки 200а и аккумулятора 190, когда относительно большой направленный по радиусу импульс или удар передается к датчику 100. В результате сила радиального удара уменьшается (например, по меньшей мере частично) благодаря относительному перемещению сцепляющего элемента 260 в выемке 206, а повреждение других присоединенных компонентов в полости 102 корпуса 101 (например, аккумулятора 190, лапки 200а, носителя 140) предотвращается.

[64] Как описывалось выше, варианты осуществления, раскрытые в этой заявке, включают в себя сейсмические датчики, включающие один или несколько поджимающих элементов, которые обычно позволяют осуществлять относительное перемещение внутренней пробной массы и наружного корпуса по заданной внутренней оси, но также ограничивают относительное перемещение пробной массы и корпуса в поперечном направлении (например, датчика 100, поджимающих элементов 250, 200 и т.д.). Кроме того, один или несколько поджимающих элементов могут сделать возможным некоторое относительное перемещение пробной массы и корпуса, когда достаточно сильный внеосевой (например, поперечный или радиальный) удар или импульс передается к сейсмическому датчику. Поэтому вследствие использования сейсмических датчиков, раскрытых в этой заявке, внеосевые вибрации могут быть снижены в течение выполнения обычных операций сейсмических исследований, так что результирующие сейсмические измерения могут содержать меньше шума; однако повреждение внутренних компонентов сейсмического датчика в результате действия больших внеосевых импульсов также может быть снижено или полностью исключено.

[65] Хотя были показаны и описаны примеры вариантов осуществления, модификации их могут быть сделаны специалистом в данной области техники без отступления от объема или идей, представленных в этой заявке. Варианты осуществления, описанные в этой заявке, являются только примерными и не ограничивающими. Возможны многочисленные варианты и модификации систем, устройств и процессов, описанных в этой заявке, и они находятся в объеме раскрытия. В соответствии с этим объем защиты не ограничен вариантами осуществления, описанными в этой заявке, а ограничен только формулой изобретения, которая следует ниже, в объем которой должны включаться все эквиваленты предмета изобретения. Если прямо не указано иное, этапы способа в формуле изобретения могут быть выполнены в любом порядке. Перечисление идентификаторов, таких как (a), (b), (c) или (1), (2), (3), перед этапами способа в формуле изобретения не подразумевает наличия точного определения конкретного порядка этапов, а точнее, предназначено для упрощения последовательного обращения к таким этапам.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сейсмический датчик, содержащий:

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

пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости, при этом наружный корпус выполнен с возможностью перемещения по оси относительно пробной массы;

первый поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и верхним концом наружного корпуса, при этом первый поджимающий элемент выполнен с возможностью изгиба в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы и при этом первый поджимающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности прорезей, продолжающихся по оси через него, и продолжающуюся по оси выемку;

второй поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым поджимающим элементом и верхним концом наружного корпуса, при этом второй поджимающий элемент включает в себя выступ, который выполнен с возможностью вхождения в зацепление с выемкой в первом поджимающем элементе; и

сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и нижним концом наружного корпуса, при этом сенсорный элемент содержит пьезоэлектрический материал, выполненный с возможностью отклонения и образования потенциала в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы и изгибание первого поджимающего элемента и второго поджимающего элемента.

2. Сейсмический датчик по п. 1, в котором выступ содержит выпуклый сцепляющий элемент и в котором второй поджимающий элемент выполнен с возможностью смещения по оси выпуклого сцепляющего элемента в выемку первого поджимающего элемента.

3. Сейсмический датчик по п. 2, в котором выпуклый сцепляющий элемент содержит полусферическую поверхность, в котором выемка первого поджимающего элемента содержит усеченную коническую поверхность и в котором полусферическая поверхность находится в зацеплении с конической усеченной поверхностью, когда выпуклый сцепляющий элемент помещен в выемку.

4. Сейсмический датчик по п. 2, в котором второй поджимающий элемент выполнен с возможностью противодействия радиальному отклонению выпуклого сцепляющего элемента.

5. Сейсмический датчик по п. 2, кроме того содержащий третий поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и сенсорным элементом, в котором третий поджимающий элемент выполнен с

возможностью изгибания в ответ на осевое перемещение наружного корпуса относительно пробной массы, в котором третий поджимающий элемент содержит диск, включающий множество разнесенных по окружности прорезей, продолжающихся по оси через него.

6. Сейсмический датчик по п. 5, в котором множество разнесенных по окружности прорезей первого поджимающего элемента продолжаются по спиральям радиально наружу от центра первого поджимающего элемента и в котором множество разнесенных по окружности прорезей третьего поджимающего элемента продолжаются по спиральям радиально наружу от центра третьего поджимающего элемента.

7. Сейсмический датчик по п. 5, кроме того содержащий носитель, неподвижно соединенный с наружным корпусом и расположенный во внутренней полости, при этом первый поджимающий элемент, второй поджимающий элемент и третий поджимающий элемент неподвижно соединены с носителем.

8. Сейсмический датчик по п. 7, в котором второй поджимающий элемент содержит плоскую пружину, содержащую первый конец и второй конец; и тело, продолжающееся между первым концом и вторым концом; в котором тело содержит закрепленный участок, продолжающийся от первого конца и неподвижно соединенный с носителем, и свободный участок, продолжающийся от закрепленного участка до второго конца; и в котором выпуклый сцепляющий элемент соединен со свободным участком.

9. Сейсмический датчик по п. 8, в котором свободный участок тела второго поджимающего элемента выполнен с возможностью упругого изгибания, когда выпуклый сцепляющий элемент отклоняется по оси.

10. Сейсмический датчик, содержащий:

наружный корпус, имеющий центральную ось, первый конец, второй конец, противоположный первому концу, и внутреннюю полость;

пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости, при этом пробная масса содержит источник питания;

дисковый сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и вторым концом, при этом сенсорный элемент выполнен с возможностью обнаружения перемещения наружного корпуса относительно пробной массы;

электронные схемы, соединенные с сенсорным элементом;

первый упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым концом наружного корпуса и пробной массой;

второй упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и сенсорным элементом;

в котором каждый из первого упругого диска и второго упругого диска содержит центральную область, соединенную с пробной массой, и радиально внешнюю периферию, неподвижно соединенную с наружным корпусом, при этом каждый из первого упругого диска и второго упругого диска включает в себя множество разнесенных по окружности

прорезей, продолжающихся по оси через него, и при этом первый упругий диск включает в себя продолжающуюся по оси выемку; и

поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым упругим диском и первым концом наружного корпуса.

11. Сейсмический датчик по п. 10, кроме того содержащий носитель, неподвижно расположенный во внутренней полости наружного корпуса, при этом первый упругий диск, второй упругий диск и поджимающий элемент неподвижно соединены с носителем.

12. Сейсмический датчик по п. 11, в котором поджимающий элемент представляет собой плоскую пружину и содержит:

первый конец и второй конец; и

тело, продолжающееся между первым концом и вторым концом;

в котором тело содержит закрепленный участок, продолжающийся от первого конца и неподвижно соединенный с носителем, и свободный участок, продолжающийся от закрепленного участка до второго конца; и

в котором выступ соединен со свободным участком.

13. Сейсмический датчик по п. 12, в котором свободный участок тела поджимающего элемента выполнен с возможностью упругого изгиба, когда выступ отклоняется по оси.

14. Сейсмический датчик по п. 10, в котором выступ содержит полусферическую поверхность, в котором выемка первого поджимающего элемента содержит усеченную коническую поверхность и в котором полусферическая поверхность находится в зацеплении с усеченной конической поверхностью, когда выступ помещен в выемке.

15. Сейсмический датчик по п. 14, в котором множество разнесенных по окружности прорезей первого упругого диска продолжаются по спиральям радиально наружу от центра первого упругого диска и в котором множество разнесенных по окружности прорезей второго упругого диска продолжаются по спиральям радиально наружу от центра второго упругого диска.

16. Сейсмический датчик по п. 10, в котором поджимающий элемент включает в себя выступ, который помещается в выемке первого упругого диска и в котором поджимающий элемент выполнен с возможностью обеспечения осевого отклонения выступа и противодействия радиальному отклонению выступа.

17. Способ обнаружения сейсмических волн, проходящих через подземную формацию, содержащий этапы

(а) связывания сейсморазведочного прибора с грунтом над подземной формацией, при этом сейсморазведочный прибор содержит наружный корпус, имеющий продольную ось, верхний конец, нижний конец и внутреннюю полость; пробную массу, расположенную с возможностью перемещения во внутренней полости; сенсорный элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и нижним концом наружного корпуса; первый упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым концом наружного корпуса и

пробной массой; второй упругий диск, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между пробной массой и сенсорным элементом; и поджимающий элемент, расположенный во внутренней полости и расположенный по оси между первым упругим диском и верхним концом наружного корпуса, при этом поджимающий элемент включает в себя выступ, который помещается в продолжающейся по оси выемке первого упругого диска;

(b) ориентации сейсморазведочного прибора вместе с продольной осью корпуса в вертикальное положение;

(c) перемещения наружного корпуса по вертикали относительно пробной массы в ответ на сейсмические волны;

(d) изгибания по оси первого упругого диска, второго упругого диска и поджимающего элемента в ответ на (c);

(e) отклонения по оси сенсорного элемента в течение (c) и (d); и

(f) образования сигнала сенсорным элементом, указывающего на вертикальное перемещение наружного корпуса относительно пробной массы в течение (c) в ответ на (e).

18. Способ по п. 17, кроме того содержащий:

(g) отклонение наружного корпуса по радиусу относительно пробной массы в ответ на сейсмические волны; и

(h) скольжение по радиусу выступа в выемке в течение (g).

19. Способ по п. 18, в котором поджимающий элемент представляет собой плоскую пружину и содержит:

первый конец и второй конец; и

тело, продолжающееся между первым концом и вторым концом;

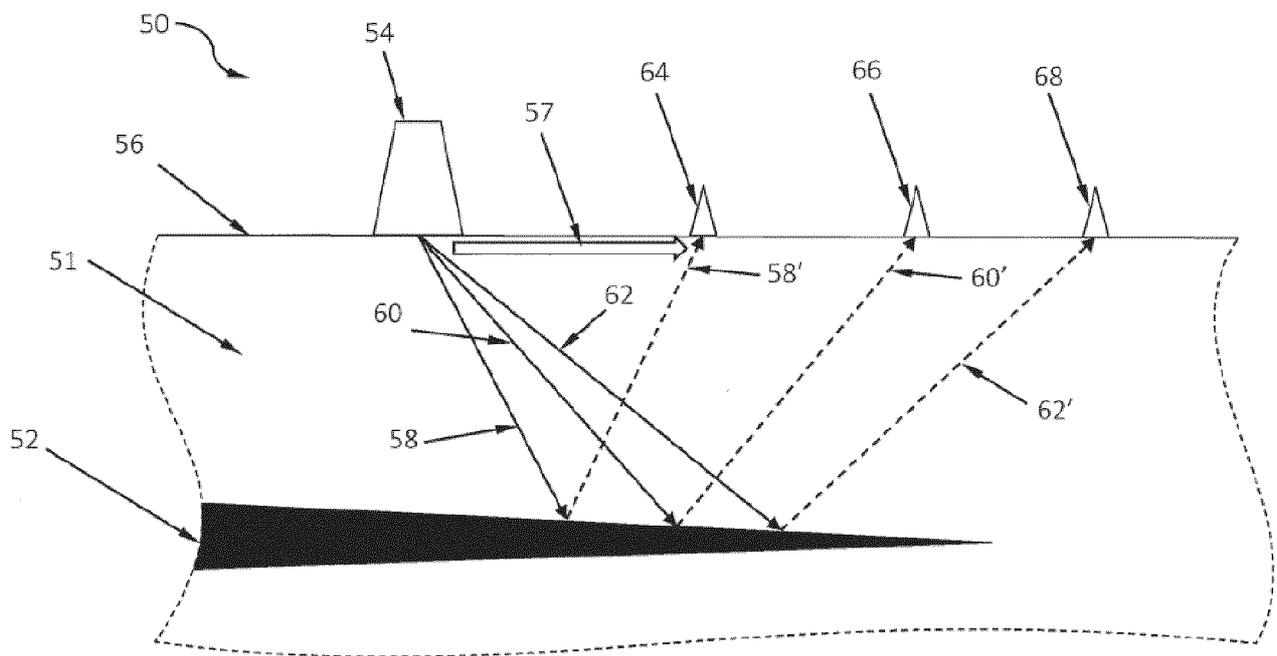
в котором тело содержит закрепленный участок, продолжающийся от первого конца и неподвижно соединенный с носителем, и свободный участок, продолжающийся от закрепленного участка до второго конца; и

и в котором выступ соединен со свободным участком; и

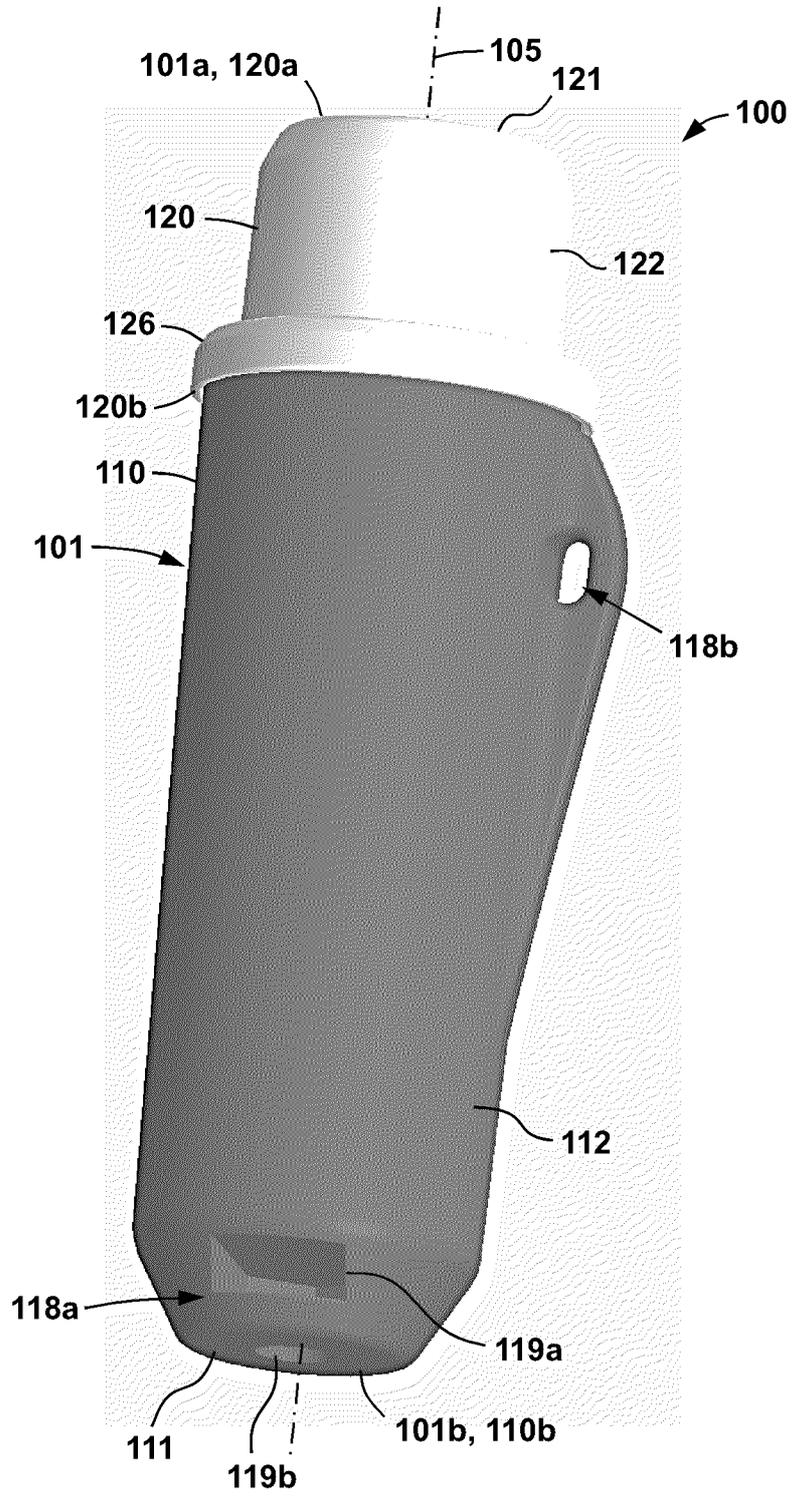
при этом способ кроме того содержит упругое изгибание свободного участка тела и отклонение по оси выступа в течение (d).

20. Способ по п. 19, в котором выступ содержит полусферическую поверхность и выемка первого упругого диска содержит усеченную коническую поверхность и в котором (h) содержит зацепление со скольжением полусферической поверхности с усеченной конической поверхностью в течение (g).

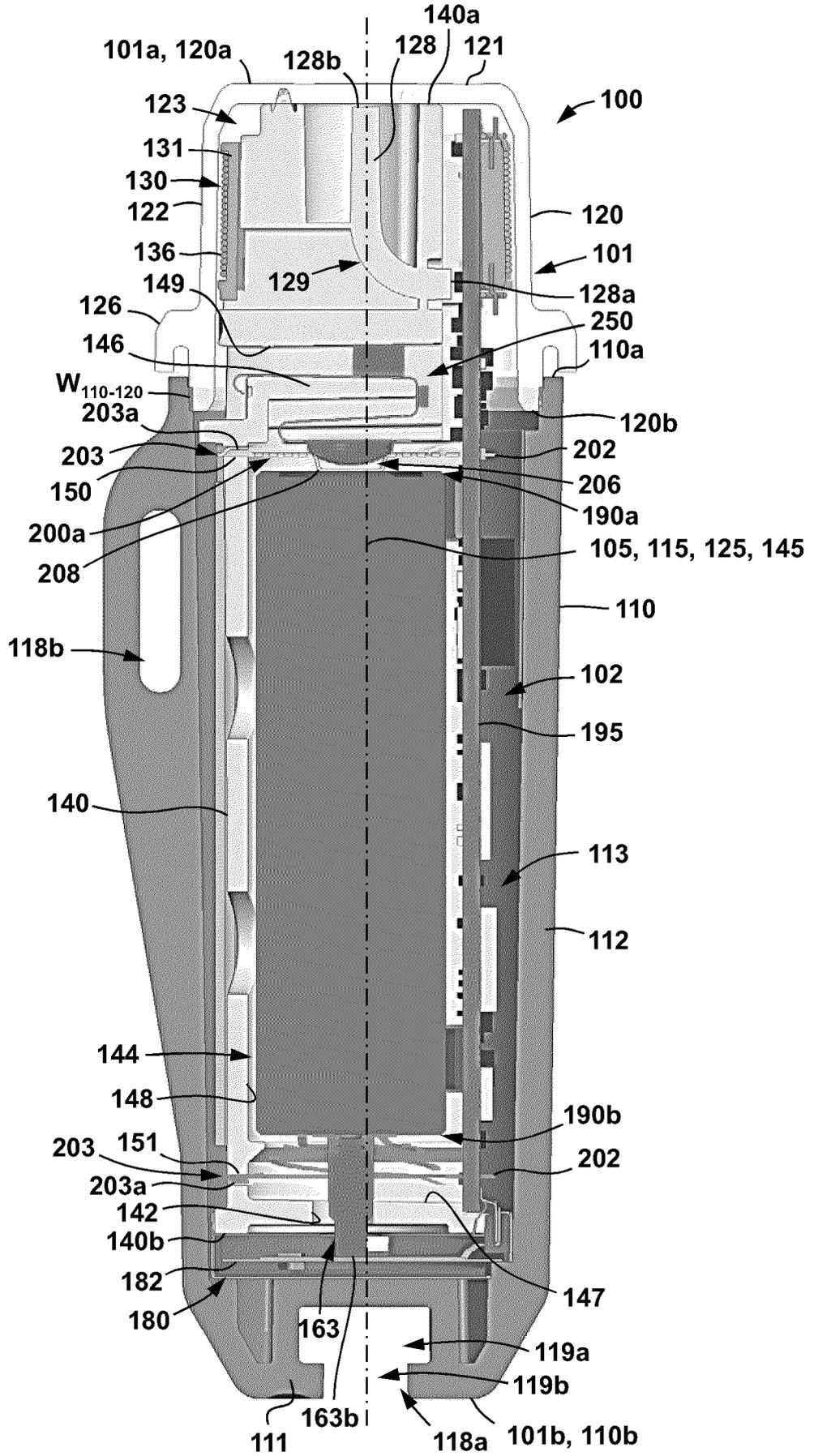
По доверенности



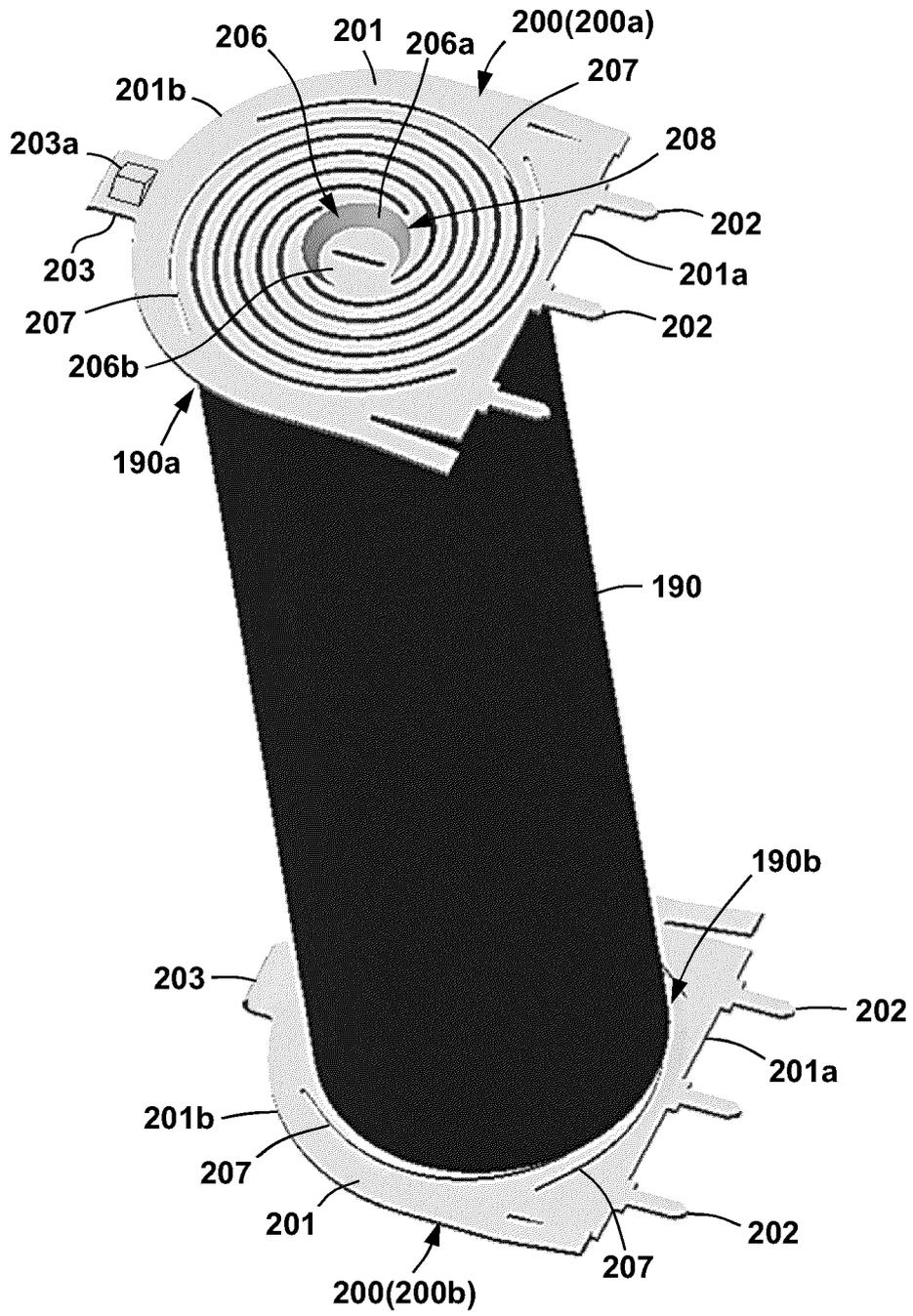
ФИГ. 1



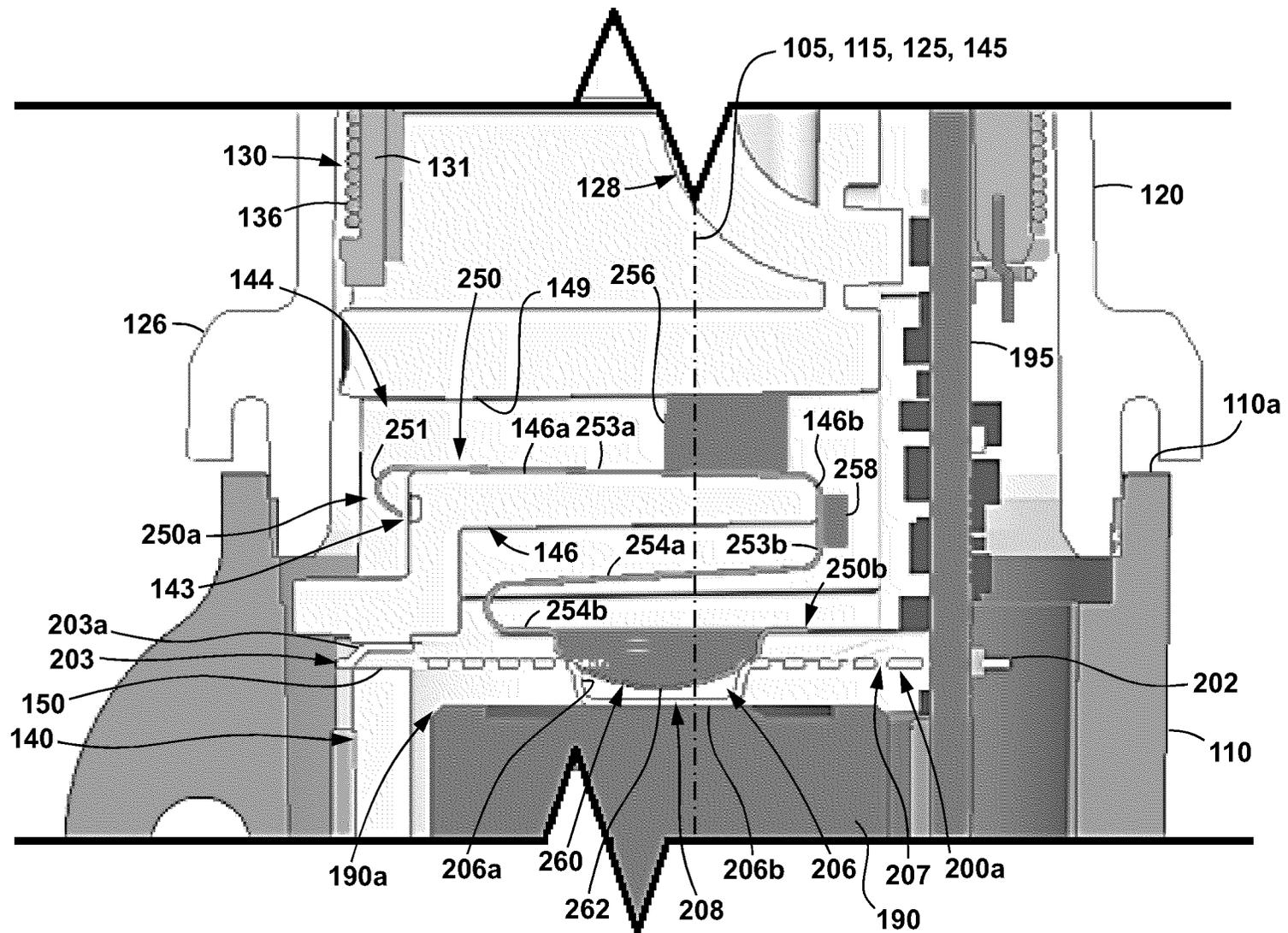
ФИГ. 2



ФИГ. 3

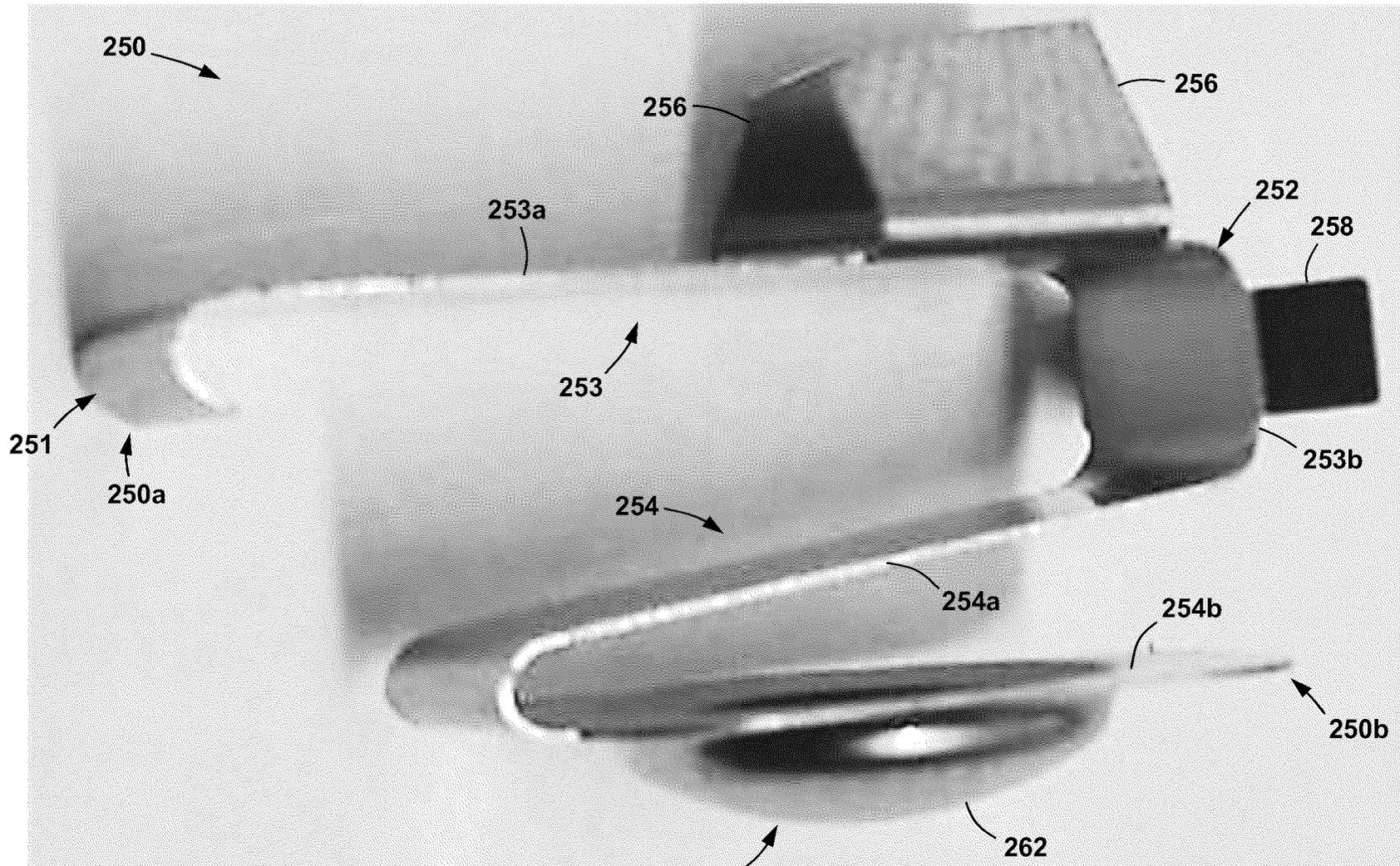


ФИГ. 4



5/6

ФИГ. 5



ФИГ. 6