



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013141164/28, 07.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.02.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
07.02.2011 US 61/462,617;  
07.02.2011 US 61/462,656

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2015 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 27.11.2016 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: WO89/00294 A1, 12.01.1989. US2010/0281979 A1, 11.11.2010. JP10136665 A, 22.05.1998. GB2174500 A, 05.11.1986. WO87/02467 A1, 23.04.1987.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 09.09.2013

(86) Заявка РСТ:  
US 2012/024165 (07.02.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2012/109259 (16.08.2012)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ДЕНГ Кен Кан (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ИОН ДЖИОФИЗИКАЛ КОРПОРЕЙШН  
(US)**

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВОДНЫХ СИГНАЛОВ**

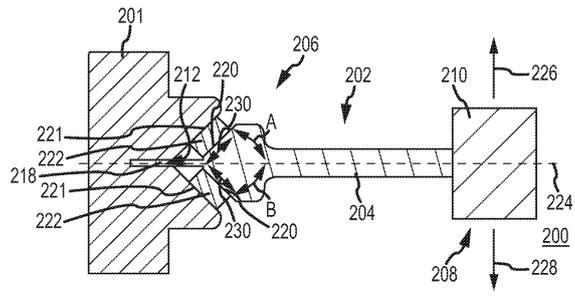
(57) Реферат:

Раскрыты способы и устройства, которые облегчают обнаружение подводных сигналов при геофизических исследованиях. Один вариант осуществления относится к преобразователю, включающему в себя консоль, соединенную с основанием. Консоль может включать в себя стержень и первую соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня, а основание может включать в себя вторую

соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня и по существу параллельную первой соединительной поверхности консоли. Преобразователь может дополнительно включать в себя чувствительный материал, присоединенный между первой соединительной поверхностью консоли и второй соединительной поверхностью основания. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 11 ил.

**RU 2 603 438 C2**

**RU 2 603 438 C2**



ФИГ. 2

RU 2603438 C2

RU 2603438 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013141164/28, 07.02.2012**

(24) Effective date for property rights:  
**07.02.2012**

Priority:

(30) Convention priority:  
**07.02.2011 US 61/462,617;**  
**07.02.2011 US 61/462,656**

(43) Application published: **20.03.2015** Bull. № 8

(45) Date of publication: **27.11.2016** Bull. № 33

(85) Commencement of national phase: **09.09.2013**

(86) PCT application:  
**US 2012/024165 (07.02.2012)**

(87) PCT publication:  
**WO 2012/109259 (16.08.2012)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,**  
**OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):  
**DENG Ken Kan (US)**

(73) Proprietor(s):  
**ION DZHIOFIZIKAL KORPOREJSHN (US)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR UNDERWATER SIGNALS DETECTING**

(57) Abstract:

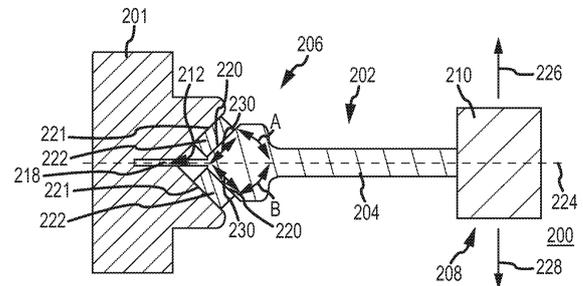
FIELD: instrument making.

SUBSTANCE: one method of implementation relates to the converter which includes a support connected to the base. Support can include a rod and the first connecting surface oriented at an angle to rod, and the base may include a second connecting surface oriented at an angle to rod being in fact parallel to the first connecting surface of the support. Converter may additionally include sensitive material attached between the first connecting surface of the support and the second connecting surface of the base.

EFFECT: methods and devices easing detection of

underwater signals during geophysical research are described.

20 cl, 11 dwg



ФИГ. 2

RU 2 603 438 C2

RU 2 603 438 C2

### Перекрестные ссылки на родственные заявки

По настоящей патентной заявке РСТ испрашивается приоритет предварительной заявки США № 61/462,617 под названием “An underwater vector sensor by using batch fabricated precision capacitive accelerometer”, поданной 7 февраля 2011 года, и, кроме того, 5 предварительной заявки США № 61/462,656 под названием “Underwater vector sensor by using piezoelectric flexible shear mode sensor”, также поданной 7 февраля 2011 года, при этом содержимое упомянутых заявок полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

### Область техники, к которой относится изобретение

10 В целом это раскрытие относится к преобразователям, а более конкретно к преобразователям, предназначенным для использования при обнаружении подводных сигналов, таких как акустические сигналы.

### Уровень техники

15 Продукты нефтехимии, такие как нефть и газ, встречаются в обществе повсюду и могут обнаруживаться во всем, от топлива до детских игрушек. По этой причине потребность в нефти и газе остается высокой. Для удовлетворения этой высокой потребности важно определять местоположения запасов нефти и газа в геологической среде. Ученые и инженеры проводят исследования, используя сейсмические и другие 20 волновые способы разведки, наряду с прочими способами, для обнаружения газонефтяных коллекторов в геологической среде. Эти сейсмические способы разведки часто включают в себя управление излучением сейсмических волн в геологическую среду при использовании сейсмического источника энергии (например, взрывчатого вещества, воздушных пушек, вибраторов и т.д.) и мониторинг отклика геологической 25 среды на сейсмический источник с использованием одного или более приемников (каждый из которых может включать в себя один или более преобразователей, используемых в качестве датчиков, например, акселерометр, гидрофон и т.д.). При наблюдении отраженных сейсмических сигналов, обнаруживаемых приемником во время исследования, могут быть собраны геофизические данные, соответствующие отраженным сигналам, и эти сигналы могут быть использованы для построения 30 изображения, показывающего строение геологической среды вблизи места исследования.

Обычные приемники могут включать в себя один или более преобразователей, используемых в качестве акселерометров для измерения вибраций, движения частиц, ускорения и т.д. Например, трехкомпонентный приемник может включать в себя три 35 ортогонально ориентированных преобразователя. Каждый преобразователь может включать в себя гибкий консольный стержень и один или более пьезоэлектрических элементов, связанных со стержнем, а также пробную массу, прикрепленную к одному концу стержня. Когда к пробной массе прикладываются силы, пробная масса и прикрепленный к ней консольный стержень отклоняются, создавая механическое 40 напряжение пьезоэлектрических элементов. Это механическое напряжение пьезоэлектрических элементов приводит к поддающемуся измерению изменению электрического заряда или напряжения, создаваемого пьезоэлектрическим материалом, образующим элементы, которое может быть измерено для определения направления и величины отклонения пробной массы. Типичное выходное напряжение может быть от нескольких милливольт до сотен милливольт.

45 В конструкциях обычных преобразователей часто используют пьезоэлектрический материал, который лучше всего подходит для восприятия нормального напряжения, действующего на пьезоэлектрический материал. Такой материал хорошо подходит для обнаружения некоторых сигналов, но может быть менее эффективным при обнаружении

других сигналов, таких как сигналы низкого уровня, которые могут потребоваться при обнаружении во время построения сейсмического изображения. В соответствии с этим желательно иметь преобразователи, которые позволяют обнаруживать сигналы низкого уровня (например, низкочастотные сигналы), чтобы исключать одно или более  
5 ограничений обычных способов.

#### Раскрытие изобретения

Настоящее раскрытие относится к устройству и способу для обнаружения сигналов и найдет конкретное применение при обнаружении подводных акустических и  
вибрационных сигналов.

10 Согласно одному варианту осуществления, настоящее раскрытие относится к преобразователю, включающему в себя консоль, соединенную с основанием. Консоль может включать в себя стержень и первую соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня, а основание может включать в себя вторую  
соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня и по существу  
15 параллельную первой соединительной поверхности консоли. Преобразователь может также включать в себя чувствительный материал, присоединенный между первой соединительной поверхностью консоли и второй соединительной поверхностью основания.

Согласно некоторым вариантам осуществления, первая соединительная поверхность  
20 консоли может быть ориентирована под тупым углом от стержня. Согласно другим вариантам осуществления, первая соединительная поверхность консоли может быть ориентирована под острым углом от стержня. Согласно еще одному варианту осуществления, чувствительный материал может включать в себя первую и вторую поверхности, и чувствительный материал может быть выполнен с возможностью работы  
25 на сдвиговой моде.

Согласно дальнейшему варианту осуществления, поверхность чувствительного материала может находиться в контакте с первой соединительной поверхностью консоли, и вторая поверхность чувствительного материала может находиться в контакте со второй соединительной поверхностью основания. Согласно еще одному варианту  
30 осуществления, чувствительный материал может иметь прямоугольное поперечное сечение. Согласно одному варианту осуществления, преобразователь может включать в себя зубец, который соединяет консоль с основанием. Согласно дополнительному варианту осуществления, зубец может быть выполнен с возможностью снижения чувствительности преобразователя поперек оси и повышения напряжения сдвига,  
35 прикладываемого к чувствительному материалу. Согласно некоторым вариантам осуществления, зубец может задаваться консолью, и зубец может продолжаться в полость в основании. Согласно еще одному варианту осуществления, зубец может задаваться основанием, и зубец может продолжаться в полость в консоли.

Согласно еще одному варианту осуществления, преобразователь может  
40 дополнительно включать в себя пробную массу. Согласно некоторым вариантам осуществления, пробная масса может быть образована отдельно, но соединена со стержнем. Согласно другим вариантам осуществления, пробная масса может быть выполнена как одно целое со стержнем. Согласно дополнительному варианту осуществления, чувствительный материал может включать в себя пьезоэлектрический  
45 элемент. Однако, согласно другим вариантам осуществления, чувствительный материал может включать в себя пьезорезистивный элемент или чувствительный материал другого вида, работающий на сдвиговой моде.

Согласно некоторым вариантам осуществления, консоль, основание и чувствительный

материал совместно образуют первый акселерометр, и преобразователь может дополнительно включать в себя второй акселерометр и третий акселерометр, при этом первый, второй и третий акселерометры установлены в корпусе и совместно образуют векторный датчик.

5 Согласно еще одному варианту осуществления, настоящее раскрытие может относиться к датчику, включающему в себя консоль, соединенную с основанием. Консоль может включать в себя стержень, и чувствительный материал может быть помещен в стержень консоли. Чувствительный материал может включать в себя первую и вторую поверхности, которые ориентированы под углом от стержня.

10 Согласно дополнительным вариантам осуществления, чувствительный материал может включать в себя первый пьезоэлектрический элемент и второй пьезоэлектрический элемент, помещенный в стержень. Второй пьезоэлектрический элемент может включать в себя третью и четвертую поверхности, ориентированные под углами от стержня.

15 Согласно еще одному варианту осуществления, третий и четвертый пьезоэлектрические элементы могут быть помещены в стержень. Третий пьезоэлектрический элемент может быть ориентирован параллельно первому пьезоэлектрическому элементу, и четвертый пьезоэлектрический элемент ориентирован параллельно второму пьезоэлектрическому элементу. Согласно еще одному варианту осуществления, чувствительный материал может включать в себя пьезоэлектрический элемент, работающий на сдвиговой моде.

20 Согласно дополнительному варианту осуществления, чувствительный материал может иметь в поперечном сечении вид параллелограмма.

Согласно дополнительному варианту осуществления, консоль может быть соединена с основанием на первом конце консоли и может включать в себя пробную массу, соединенную со вторым концом консоли. В дополнение к этому, консоль может быть  
25 соединена с основанием на первом конце консоли, и чувствительный материал может быть помещен в консоль вблизи первого конца консоли. Согласно еще одному варианту осуществления, стержнем может задаваться канавка, имеющая первую внутреннюю стенку, вторую внутреннюю стенку и третью внутреннюю стенку, при этом третья внутренняя стенка по существу параллельна первой внутренней стенке, и чувствительный  
30 материал помещен в канавку. Согласно еще одному варианту осуществления, чувствительный материал может быть связан с первой и третьей внутренними стенками, но не со второй внутренней стенкой.

Другой вариант осуществления настоящего раскрытия может относиться к способу. Способ может включать в себя этап, на котором собирают данные с преобразователя,  
35 соединенного с телом. Преобразователь может включать в себя консоль, соединенную с основанием и включающую в себя стержень, задающий по меньшей мере одну соединительную поверхность. Преобразователь может также включать в себя по меньшей мере один чувствительный элемент, соединенный с по меньшей мере одной соединительной поверхностью. Чувствительный элемент может быть  
40 пьезоэлектрическим элементом, работающим на сдвиговой моде. Согласно некоторым вариантам осуществления, способ может дополнительно включать в себя этап, на котором обрабатывают данные с преобразователя для определения акустического ускорения тела по меньшей мере по одной составляющей направления.

Другой вариант осуществления настоящего раскрытия может относиться к другому  
45 способу. Способ может включать в себя этап, на котором собирают данные с преобразователя, соединенного с телом. Преобразователь может включать в себя консоль, соединенную с основанием и включающую в себя стержень, задающий по меньшей мере одну соединительную поверхность, которая ориентирована под углом

относительно продольной оси стержня. Векторный датчик может также включать в себя по меньшей мере один чувствительный элемент, соединенный с по меньшей мере одной соединительной поверхностью. Чувствительный элемент может подвергаться воздействию напряжения сдвига, когда стержень отклоняется относительно основания.

5 Согласно некоторым вариантам осуществления, способ может дополнительно включать в себя этап, на котором обрабатывают данные с преобразователя для определения акустического ускорения тела по меньшей мере по одной составляющей направления.

Хотя раскрыты многочисленные варианты осуществления, все же другие варианты осуществления настоящего раскрытия станут очевидными для специалистов в данной области техники из нижеследующего подробного описания, в котором показываются и рассматриваются иллюстративные варианты осуществления изобретения. Следует ясно представлять, что модификация различных вариантов осуществления настоящего раскрытия допускается различным очевидным образом без отступления сущности и объема настоящего раскрытия. В соответствии с этим, чертежи и подробное описание

10 следует рассматривать как иллюстративные по характеру, а не ограничивающие.

Краткое описание чертежей

На чертежах:

Фиг. 1 - вид сбоку судна, буксирующего сейсмический источник и множество сейсмических приемников, расположенных на морской косе, буксируемой позади судна;

20 Фиг. 2 - поперечное сечение преобразователя согласно одному варианту осуществления;

Фиг. 3 - схематическое представление некоторых из электрических соединений преобразователя, показанного на Фиг. 2;

Фиг. 4 - поперечное сечение преобразователя согласно другому варианту

25 осуществления;

Фиг. 5 - поперечное сечение преобразователя согласно еще одному варианту осуществления;

Фиг. 6 - поперечное сечение преобразователя согласно еще одному варианту

30 осуществления;

Фиг. 7 - перспективный вид спереди преобразователя согласно еще одному варианту осуществления;

Фиг. 8 - поперечное сечение преобразователя согласно еще одному варианту

35 осуществления;

Фиг. 9 - поперечное сечение преобразователя согласно еще одному варианту

40 осуществления;

Фиг. 10 - поперечное сечение сейсмического приемника в корпусе согласно одному варианту осуществления; и

Фиг. 11 - вариант осуществления вычислительной системы, способной сохранять и/или обрабатывать навигационные и сейсмические данные, принимаемые с одного или

45 более преобразователей, с тем, чтобы определять акустическое ускорение тела по меньшей мере по одной составляющей направления.

Осуществление изобретения

Ученые и инженеры, проводящие исследования, используют сейсмические и другие волновые способы разведки, наряду с прочими способами, для обнаружения газонефтяных коллекторов в геологической среде. Эти способы сейсмической разведки часто включают в себя управление излучением сейсмических волн в геологическую среду при использовании сейсмического источника энергии (например, взрывчатого вещества, воздушных пушек, вибраторов и т.д.) и мониторинг отклика геологической

среды на сейсмический источник при использовании одного или более приемников. При наблюдении отраженных сейсмических сигналов, обнаруживаемых приемником во время исследования, можно собирать геофизические данные, соответствующие отраженным сигналам, а эти сигналы можно использовать для формирования

5 изображения, показывающего строение геологической среды вблизи места исследования. На Фиг. 1 показан вид сбоку судна 101, буксирующего источник 102 и несколько приемников 103 на буксируемой косе позади судна 101. Как показано, приемники 103 могут располагаться несколько ниже поверхности воды. Для рассмотрения варианта осуществления, представленного на Фиг. 1, источник и приемник показаны

10 буксируемыми одним и тем же судном, однако возможны другие комбинации. Например, в других вариантах осуществления источник и/или приемники могут буксироваться отдельными судами или могут включаться в наземные системы регистрации. В дальнейших вариантах осуществления источник и/или одни приемники могут быть неподвижными, в то время как другие буксируются позади судна. В дальнейших

15 вариантах осуществления приемники 103 могут быть расположены в воде более глубоко, например, благодаря использованию устройств управления буксируемой косой, таких как устройства управления DigiBIRD® и DigiFIN®, которые можно получить от ION Geophysical Corporation. В других вариантах осуществления могут использоваться многочисленные источники. Кроме того, может использоваться источник (источники)

20 или приемник (приемники) любого вида, включая, например, одно-, двух- или трехкомпонентные источники или приемники.

Во время работы источник 102 (например, воздушная пушка) может излучать сейсмические волны, которые могут отражаться от различных участков геологической среды 104 и могут отражаться на приемники 103 (как показано распространяющимися

25 сейсмическими волнами на Фиг. 1). Как будет дополнительно описано ниже, каждый приемник 103 может включать в себя один или более преобразователей (на этот раз не показанных на Фиг. 1), используемых в качестве акселерометров для измерения величины и направления отраженных сейсмических волн. Приемники могут также

30 включать в себя другие датчики и/или транслирующие устройства, такие как датчик давления или микрофон. Сигналами, принимаемыми на приемниках 103, после обработки могут обеспечиваться данные, которые используются при определении строения различных участков геологической среды 104 вблизи места отражения сигналов, где может иметься нефтяной и/или газовый коллектор 105. Если количество нефти и/или

35 газа в коллекторе 105 уменьшается со временем, то при последующих исследованиях, проводимых на по существу том же самом месте, как и при первом исследовании, можно выявлять различные характеристики этого уменьшения, такие как снижение поровых давлений, миграция водонефтяного и/или газо-водяного контактов, падение акустического импеданса и т.д.

На Фиг. 2 показан преобразователь 200 согласно одному варианту осуществления, который можно использовать в качестве однокомпонентного акселерометра (и который можно сочетать с другими преобразователями 200 для образования трехкомпонентного акселерометра или векторного датчика в некоторых вариантах осуществления). Как

40 показано, преобразователь 200 может включать в себя консоль 202, содержащую стержень 204, задающий передний конец 206, который соединен со структурой 201 основания, и задний конец 208, который соединен с пробной массой 210. В одном варианте осуществления передний конец 206 стержня 204 может быть прикреплен к

45 структуре 201 основания через посредство язычка 218 или зубца, который соединен со структурой 201 основания. Зубец или язычок 218 может использоваться для соединения

5 стержня 204 со структурой 201 основания и может также использоваться для снижения поперечной чувствительности преобразователя 200 и/или повышения уровня выходных сигналов чувствительных элементов 222. Зубец 218 может снижать поперечную чувствительность преобразователя 200 и/или повышать уровень выходных сигналов, поскольку зубец 218 может повышать поперечную изгибную жесткость и обеспечивать точку поворота для стержня 204 во время изгиба.

10 В одном варианте осуществления язычок 218 может быть полоской материала, которая протянута вперед от переднего конца 206 стержня 204 в приемную полость или паз 212, образованный в структуре 201 основания. В одном варианте осуществления передний конец язычка 218 может быть соединен со структурой 201 основания при использовании клея, такого как эпоксидный клей. В других вариантах осуществления язычок 218 может быть иным образом соединен со структурой 201 основания. Например, язычок 218 может быть закреплен шпонкой, а в структуре 201 основания может быть образована соответствующая канавка, так что благодаря сопряжению язычка 218 с канавкой, образованной в структуре 201 основания, язычок 218 прикрепляется к основанию 201. В дальнейших вариантах осуществления структура 201 основания и стержень 204 могут быть образованы из одной заготовки материала. Как вариант язычок 218 может быть выполнен как одно целое со структурой 201 основания и может продолжаться в паз или полость в консоли 202.

20 В некоторых вариантах осуществления стержень 204 может выполняться из гибкого материала, что позволит стержню 204 немного изгибаться, когда пробная масса 210 смещается внешними силами (например, вследствие действия сейсмических волн, вибраций и т.д.) относительно структуры 201 основания. Язычок 218 может выполняться из того же самого материала, что и стержень 204 (то есть, стержень 204 и язычок 204 могут быть образованы из одной заготовки материала), или может выполняться из другого материала. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления язычок 218 может немного изгибаться, когда пробная масса 210 смещается внешними силами. Как показано на Фиг. 2, язычок 218 может иметь меньшую толщину, чем стержень 204, или может иметь такую же толщину, как и стержень 204. В некоторых вариантах осуществления язычок может иметь толщину, достаточную для поддержания веса пробной массы 201, так что стержень 203 не изгибается под воздействием только веса консоли 202 (то есть, в случае, когда внешние силы не прикладываются к массе 210).

30 Как показано, передним концом 206 стержня 204 могут задаваться две соединительные поверхности 220, которые расположены по противоположным сторонам стержня 204. Соединительные поверхности 220 могут выполняться с возможностью размещения одного или более чувствительных элементов 222, выполненных из чувствительного материала, так что по меньшей мере участок соединительных поверхностей 220 может соприкасаться с по меньшей мере участком одной из поверхностей чувствительных элементов 222. В одном варианте осуществления чувствительные элементы 222 могут быть выполнены из пьезоэлектрического материала, такого как пьезоэлектрический кристалл. В других вариантах осуществления чувствительные элементы 222 могут быть выполнены из чувствительного материала другого вида, работающего на сдвиговой моде, такого как пьезорезистивный материал, пьезокерамический материал, пьезокомпозитный материал, пьезоэлектрические кристаллы и т.д.

45 Структурой 201 основания также могут задаваться две соединительные поверхности 221, которые выполнены с возможностью размещения одного или более чувствительных элементов 222, так что по меньшей мере участок соединительных поверхностей 221

может соприкасаться с по меньшей мере участком одной из поверхностей чувствительных элементов 222. В некоторых вариантах осуществления соединительные поверхности 221 структуры 201 основания могут соприкасаться с нижними поверхностями чувствительных элементов 222, а соединительные поверхности 220 стержня 204 могут соприкасаться с верхними поверхностями чувствительных элементов 222, или наоборот. Соединительные поверхности 221, 220 могут быть связаны с поверхностями чувствительных элементов 222 в точках контакта между соединительными поверхностями 221, 220 и поверхностями элементов 222, например, клеєм. В некоторых вариантах осуществления соединительные поверхности 221 структуры 201 основания могут быть по существу параллельны соединительным поверхностям 220 стержня, как показано на Фиг. 2. Однако в других вариантах осуществления соединительные поверхности структуры 201 основания могут быть не параллельны соединительным поверхностям 220 стержня 204.

Соединительными поверхностями 220, 221 могут задаваться углы А, В относительно продольной оси 224 стержня 204. В одном варианте осуществления каждой соединительной поверхностью 220, 221 может задаваться острый угол относительно продольной оси 224 стержня 204 (например, между 0 и 90°). В одном варианте осуществления углы А, В, задаваемые между соединительными поверхностями 220, 221 и продольной осью 224 стержня 204, могут быть по существу равными. Однако в других вариантах осуществления соединительными поверхностями 220, 221 могут задаваться разные углы относительно продольной оси стержня 204. Например, одной из соединительных поверхностей 220, 221 может задаваться угол А, который составляет 45° относительно продольной оси 224 стержня 204, тогда как другой из соединительных поверхностей 220, 221 может задаваться угол В, который составляет 65° относительно продольной оси 224 стержня 204. Как показано, чувствительные элементы 222 могут продолжаться в направлении, которое является по существу не перпендикулярным и не параллельным продольной оси стержня 204, но которое по существу параллельно соединительным поверхностям 220, 221.

В одном варианте осуществления чувствительные элементы 222 могут быть образованы прямоугольной формы с шестью противоположными поверхностями. В некоторых случаях чувствительные элементы прямоугольной формы легче и дешевле изготавливать, чем чувствительные элементы некоторых других конфигураций, и в результате можно снижать затраты на изготовление преобразователя 200. Однако в других вариантах осуществления чувствительные элементы могут иметь другую конфигурацию. Например, чувствительные элементы можно образовать некоторой иной многоугольной формы или можно образовать с одним или более закругленными краями. В одном конкретном варианте осуществления чувствительные элементы могут быть образованы в виде параллелепипедов, при этом верхняя и нижние поверхности чувствительных элементов могут быть параллельны друг другу и торцевые поверхности чувствительных элементов могут быть параллельны друг другу. В таких вариантах осуществления чувствительные элементы могут иметь в сечении форму параллелограмма. В другом варианте осуществления могут быть образованы чувствительные элементы призмной формы.

Когда к пробной массе 210 прикладываются силы (представленные стрелками 226 и 228), нормальные к продольной оси стержня, пробная масса 210 может смещаться относительно структуры 201 основания. Стержень 204 передает нагрузку к переднему концу 206, на котором силы 226, 228 преобразуются в напряжение сдвига (представленное стрелками 230), которое воспринимается чувствительными элементами

222. В варианте осуществления, показанном на Фиг. 2, напряжение 230 сдвига может возникать в результате действия составляющих вектора силы, которые по существу параллельны соединительным поверхностям 220, 221 стержня 204 и основания 201. Когда напряжение 230 сдвига прикладывается к чувствительным элементам 222, пьезоэлектрический материал, образующий чувствительные элементы 222, может воспринимать нагрузку в соответствии с механикой Ньютона, что приводит к изменению электрического заряда или напряжения, которое можно обнаруживать и измерять.

В одном варианте осуществления чувствительные элементы 222 могут быть образованы из пьезоэлектрического материала, работающего на сдвиговой моде.

Пьезоэлектрический материал, работающий на сдвиговой моде, может быть высокочувствительным и может иметь более высокий коэффициент заряда, чем пьезоэлектрические материалы, работающие на некоторых других модах. В некоторых вариантах осуществления пьезоэлектрический материал, работающий на сдвиговой моде, может образовывать электрический заряд, который пропорционален амплитуде сил напряжения, действующих на чувствительные элементы 222. Например, в одном варианте осуществления может использоваться пьезоэлектрический кристалл из ниобата свинца-магния и титаната свинца, который имеет коэффициент  $d_{15}$  заряда (приблизительно 5000 пКл/Н). В еще одном варианте осуществления может использоваться пьезорезистивный материал, а не пьезоэлектрический материал.

Пьезорезистивный материал может преобразовывать напряжение сдвига в изменение сопротивления, которое пропорционально амплитуде напряжения сдвига, возникающего в результате приложения силы. В таких вариантах осуществления формирователь электрического сигнала, выполненный с возможностью обнаружения этого заряда или изменения сопротивления, может быть соединен с чувствительными элементами и может формировать поддающееся измерению напряжение в диапазоне от десятков микровольт до сотен микровольт. Кроме того, пьезорезистивные материалы могут иметь относительно высокий коэффициент пьезосопротивления при работе на сдвиговой моде. Например, легированный кристалл кремния может иметь коэффициент  $\pi_{44}$  пьезосопротивления при работе на сдвиговой моде и давлении  $138 \times 10^{-11}$  Па.

Использование пьезоэлектрических элементов, работающих на сдвиговой моде, в раскрытом преобразователе 200 обеспечивает получение многочисленных преимуществ. Например, структура консоли преобразователя 200 может хорошо подходить для обнаружения вибраций на низких частотах, тогда как чувствительная к сдвигу структура может хорошо подходить для обнаружения вибраций на высоких частотах. В раскрытом преобразователе 200 сочетаются преимущества материала, работающего на сдвиговой моде, и конструкции консольного стержня, и поэтому он обеспечивает высокую эффективность при обнаружении акустических и вибрационных сигналов в частотном диапазоне, подходящем для построения сейсмических изображений, помимо других применений. В дополнение к этому работающие на сдвиге пьезоэлектрические преобразователи, описываемые в этом документе, могут иметь меньшие размеры, чем пьезоэлектрические элементы других видов, и это позволяет иметь более легкую и компактную конструкцию получающегося в результате преобразователя 200 по сравнению с другими преобразователями при сохранении высокой чувствительности в диапазоне вибраций.

На Фиг. 3 показано схематическое представление некоторых электрических соединений, которые могут использоваться применительно к преобразователю 200 согласно варианту осуществления, показанному на Фиг. 2. Как показано, каждый чувствительный элемент 222 может быть электрически соединен с консольным стержнем

204 и с основанием 201, а чувствительные элементы 222 могут быть ориентированы в противоположной полярности по отношению друг к другу. В некоторых вариантах осуществления стержень 204 и структура 201 основания могут быть электрически соединены с устройством измерения напряжения (на этот раз не показанным), которое выполнено с возможностью измерения напряжения, создаваемого преобразователем 200, когда пробная масса 210 отклоняется. В одном варианте осуществления стержень 204 и структура 201 основания могут быть соединены с устройством измерения напряжения одним или более выходными проводами 250.

Когда пробная масса 210 смещается, чувствительные элементы 222 могут подвергаться воздействию напряжения сдвига, при этом на чувствительных элементах 222 образуется дифференциальный заряд, который пропорционален приложенному механическому напряжению. Образующийся заряд может создавать разность потенциалов между стержнем 204 и структурой 201 основания, которая может быть измерена устройством измерения напряжения или заряда. Полярность разности потенциалов может меняться в зависимости от направления, в котором смещается пробная масса 210. Например, при отклонении пробной массы 210 в одном направлении может создаваться положительная разность потенциалов, тогда как при отклонении пробной массы 210 в другом направлении может создаваться отрицательная разность потенциалов.

В варианте осуществления, показанном на Фиг. 3, стержень 204 и структура 201 основания могут быть выполнены из электропроводного материала, так что заряд, образуемый чувствительными элементами 222, может протекать по стержню 204. Например, стержень может быть выполнен из стали, алюминия или сплава, образованного из многих металлов. В варианте осуществления, в котором стержень выполнен из проводящего материала, зубец 218 может быть покрыт непроводящим материалом для предотвращения короткого замыкания со стороны стержня 204 к основанию 201. В других вариантах осуществления стержень 204 и структура 201 основания могут быть выполнены из непроводящего или по существу непроводящего материала, такого как оксид алюминия, керамика или пластик. В таких вариантах осуществления выходные провода 250 могут быть непосредственно соединены с чувствительными элементами 222, а не со стержнем или структурой 201 основания. Как вариант структура 201 основания и/или стержень 204 может быть покрыт электропроводным материалом для получения электрического доступа к чувствительному элементу 222.

На Фиг. 4 показан преобразователь 300 согласно другому варианту осуществления. Аналогично варианту осуществления, показанному на Фиг. 2, этот вариант осуществления может включать в себя консоль, включающую в себя стержень 304, соединенный с пробной массой 310. Кроме того, стержнем 304 может задаваться язычок 318, который прикрепляет стержень 304 к структуре 301 основания. В этом варианте осуществления стержнем 304 может задаваться у-форма, при этом задний конец 308 стержня 304 может иметь линейную структуру, тогда как передним концом 306 стержня 304 могут задаваться два плеча 305, которые вытянуты под углом относительно друг друга. Внутренней поверхностью каждого плеча 305 может задаваться соединительная поверхность 320, которая выполнена с возможностью контакта с одним или более чувствительными элементами 322. Как показано, каждой из соединительных поверхностей 320 может задаваться тупой угол C, D, который составляет от 90 до 180° относительно продольной оси 324 стержня 304.

Как показано, структура 301 основания может иметь выступающий участок 307,

которым задаются две образующие угол соединительные поверхности 321, выполненные с возможностью контакта с чувствительными элементами 320. Аналогично варианту осуществления, показанному на Фиг. 2, соединительные поверхности 321 могут быть по существу параллельны соединительным поверхностям 320, задаваемым стержнем 304. В некоторых вариантах осуществления соединительными поверхностями 321 структуры 301 основания может задаваться угол C, D относительно продольной оси 324 стержня 304, который по существу равен углу C, D, задаваемому соответствующими соединительными поверхностями стержня 304. В других вариантах осуществления соединительные поверхности 321 структуры 301 основания могут быть не параллельны соединительным поверхностям 320 стержня 304.

Аналогично варианту осуществления, показанному на Фиг. 2, преобразователь 300, показанный на Фиг. 4, может создавать поддающееся измерению напряжение в ответ на нормальные силы, воздействующие на пробную массу 310. Это напряжение может меняться от нескольких милливольт до сотен милливольт в случае, когда для чувствительных элементов 322 используется, например, пьезоэлектрический материал, и может зависеть от уровня входного сигнала. Как описывалось выше при обращении к Фиг. 2, язычок 318 и/или отрезок стержня 304 могут быть выполнены из гибкого материала, что дает возможность пробной массе 310 отклоняться в ответ на нормальные силы, которые прикладываются к массе 310. Когда пробная масса 310 отклоняется, чувствительные элементы 322 подвергаются воздействию напряжения сдвига (показанного стрелками 330) и создают напряжение, которое может быть измерено устройством измерения напряжения (на этот раз не показанным).

В противоположность варианту осуществления, показанному на Фиг. 2, в котором чувствительные элементы 222 ориентированы с наклоном в переднем направлении, чувствительные элементы 322 преобразователя 300, показанного на Фиг. 4, ориентированы с наклоном в обратном направлении. Вариант осуществления, показанный на Фиг. 4, все же позволяет получать сдвиговые силы на чувствительных элементах 322, когда пробная масса 310 смещается благодаря наклонным соединительным поверхностям 320, 321, к которым прикреплены чувствительные элементы 322.

Хотя показанные для примера на Фиг. 2 и 4 стержни 204, 304 имеют по существу равномерную толщину на всем протяжении длины, в других вариантах осуществления могут использоваться стержни 204, 304, которые имеют переменную толщину по длине. Например, задний конец 208, 308 стержня 204, 304 может быть тоньше или толще, чем передний конец 208, 308 стержня 204, 304. Как вариант стержень 204, 304 может быть зубчатым или может включать в себя различные выступы на всем протяжении длины.

В дополнение к этому в других вариантах осуществления может не использоваться пробная масса 210, 310, которая соединена со стержнем 204, 304. В таких вариантах осуществления пробная масса 210, 310 может быть выполнена как одно целое со стержнем, а не выполнена отдельно и соединена со стержнем. Например, в некоторых вариантах осуществления стержень 204, 304 может иметь более толстый задний конец 208, 308, который функционирует аналогично пробной массе 210, 310, описанной выше применительно к вариантам осуществления, показанным на Фиг. 2 и 4. В дальнейших вариантах осуществления стержень 204, 304 может иметь по существу равномерную толщину на всем протяжении длины.

Кроме того, в других вариантах осуществления могут использоваться другие конфигурации пробных масс 210, 310. Хотя на Фиг. 2-4 показана пробная масса 210,

310 прямоугольной формы, в других вариантах осуществления могут использоваться пробные массы, имеющие другие конфигурации. Например, может использоваться круговая пробная масса или масса пирамидальной формы.

На Фиг. 5 показан преобразователь 400 согласно еще одному варианту осуществления. Хотя на Фиг. 2 и 4 показаны преобразователи 200, 300 согласно вариантам осуществления, в которых единственный чувствительный элемент 222, 322 расположен на каждой стороне стержня 204, 304, в этом варианте осуществления имеются многочисленные чувствительные элементы 422, расположенные на противоположных сторонах стержня 404. Например, на одной или обеих сторонах стержня 404 могут иметься два или большее количество чувствительных элементов 422, расположенных между стержнем 404 и структурой 401 основания. Заряд, создаваемый каждым чувствительным элементом 422, может передаваться к устройству измерения напряжения (на этот раз не показанному), в результате чего повышается чувствительность преобразователя 400. В других вариантах осуществления разное количество чувствительных элементов 422 может располагаться на противоположных сторонах стержня 404, что делает преобразователь более чувствительным к отклонению пробной массы 410 в одном направлении, чем в другой.

На Фиг. 6 показан преобразователь 500 согласно еще одному варианту осуществления. Этот вариант осуществления аналогичен варианту осуществления, показанному на Фиг. 2, описанному выше. Однако в этом варианте осуществления стержнем 504 может задаваться один или более зубчатых или ступенчатых участков 511, прилегающих к соединительным поверхностям 520, которые способствуют выравниванию чувствительных элементов 522 со стержнем 504 во время изготовления. В некоторых вариантах осуществления основание 501 может дополнительно или как вариант включать в себя соответствующие зазубренные или ступенчатые участки, которые выполнены с возможностью захвата концов чувствительных элементов 522 для облегчения выравнивания чувствительных элементов 522 с основанием 501 во время изготовления.

На Фиг. 7 показан преобразователь 600 согласно еще одному варианту осуществления, при этом структура основания удалена. В этом варианте осуществления передний конец 606 стержня может включать в себя четыре плеча 605. По структуре плечи могут быть аналогичны плечам 305 стержня 304, показанного на Фиг. 4, при этом каждым из плеч 605 задается соединительная поверхность 620, наклоненная относительно продольной оси 624 стержня 604. Аналогично другим вариантам осуществления соединительные поверхности 620 могут быть выполнены с возможностью размещения на каждой одного или более чувствительных элементов 622. Этот конкретный вариант осуществления включает в себя две пары чувствительных элементов 622 (в общей сложности четыре чувствительных элемента 622), при этом каждая пара чувствительных элементов 622 включает в себя два чувствительных элемента, установленных на противоположных сторонах стержня. Как показано, первая пара чувствительных элементов 622 может быть расположена вдоль первой оси (представленной пунктирной линией 660), а вторая пара чувствительных элементов 622 может быть расположена вдоль второй оси (представленной пунктирной линией 661), которая по существу перпендикулярна к первой оси 660.

Преобразователь 600 согласно этому варианту осуществления может использоваться в качестве двухкомпонентного акселерометра, поскольку он может воспринимать ускорение, прикладываемое вдоль каждой из первой и второй осей 660, 661. Например, когда пробная масса 610 отклоняется в направлении вдоль первой оси 660,

чувствительные элементы 622, расположенные вдоль первой оси 660, могут подвергаться воздействию напряжения сдвига, вследствие чего на этих чувствительных элементах 622 создается поддающееся измерению напряжение. Когда пробная масса 610 отклоняется в направлении вдоль второй оси 661, чувствительные элементы 622, расположенные вдоль второй оси 661, подвергаются воздействию напряжения сдвига, вследствие чего на этих чувствительных элементах 622 создается поддающееся измерению напряжение. В соответствии с этим преобразователь 600, показанный на Фиг. 7, может использоваться при измерении внешних сил, прилагаемых в многочисленных направлениях и по многочисленным измерениям. Заряд, образующийся на поверхности (поверхностях) каждого одного или каждой пары чувствительных элементов 622, может быть выделен (например, развязан) в некоторых вариантах осуществления и также может быть представлен к устройству измерения напряжения.

Другие варианты осуществления могут включать в себя больше или меньше чувствительных элементов 622, которые расположены вдоль других осей стержня. Например, другие варианты осуществления могут включать в себя три чувствительных элемента 622, которые расположены вдоль осей, которые разнесены в угловом направлении на  $120^\circ$  относительно друг друга, а не перпендикулярны друг к другу. В другом примере некоторые варианты осуществления могут включать в себя восемь чувствительных элементов 622, которые расположены вдоль осей, которые разнесены в угловом направлении на  $45^\circ$  относительно друг друга. Заряд, образующийся на поверхности (поверхностях) каждого одного или каждой пары (или другого сочетания) чувствительных элементов 622, может быть выделен (например, развязан) в некоторых вариантах осуществления и также может быть представлен к устройству измерения напряжения.

На Фиг. 8 показан преобразователь 700 согласно еще одному варианту осуществления, в котором чувствительные элементы 722 помещены в стержень 704. В этом варианте осуществления стержнем 704 могут задаваться многочисленные пазы 770 или канавки, выполненные с возможностью размещения одного или более чувствительных элементов 722. Пазы 770 могут включать в себя две противоположные соединительные поверхности 720, которые выполнены с возможностью зацепления боковых поверхностей чувствительного элемента 722, а также торцевую стенку 723, выполненную с возможностью зацепления торцевой стенки чувствительного элемента 722. В некоторых вариантах осуществления две противоположные соединительные поверхности 720 могут быть связаны с чувствительным элементом, размещенном в пазу, но торцевые стенки 723 пазов 770 могут оставаться не связанными с соответствующей торцевой стенкой чувствительного элемента 722. В других вариантах осуществления каждая из поверхностей чувствительного элемента 722 может быть связана со стенками 723, 720 пазов. Как показано, противоположные соединительные поверхности 720 могут быть по существу параллельны друг другу, а торцевая стенка 723 может быть по существу параллельна стенке стержня 704. В других вариантах осуществления противоположные соединительные поверхности 720 могут быть не параллельны друг другу. Заряд, образующийся на поверхности (поверхностях) каждого одного или каждой пары (или другого сочетания) чувствительных элементов 722, может быть выделен (например, развязан) в некоторых вариантах осуществления и также может быть представлен к устройству измерения напряжения.

Аналогично другим вариантам осуществления соединительные поверхности 720 могут быть вытянуты под углами E, F относительно продольной оси 724 стержня 704. Например, в одном варианте осуществления соединительными поверхностями 720

может задаваться угол E, F относительно продольной оси стержня, который находится между 0 и 90° (то есть, острый угол). В таких вариантах осуществления чувствительные элементы 722 могут быть расположены в ориентации с наклоном вперед. В другом варианте осуществления соединительными поверхностями может задаваться угол, который находится между 90 и 180° (то есть тупой угол) относительно продольной оси стержня, так что чувствительные элементы 722 могут быть расположены в ориентации с наклоном назад.

В варианте осуществления, показанном на Фиг. 8, может быть одинаковым положение пазов 770 вдоль длины стержня 704. Однако в других вариантах осуществления первый паз 770 может быть расположен на одном месте вдоль длины стержня 704, тогда как другой паз 770 (расположенный на противоположной стороне стержня 704 относительно первого паза 770) может быть расположен на другом месте вдоль длины стержня 704 (например, дальше или ближе относительно переднего или заднего концов 706, 708 стержня 704).

На Фиг. 9 показан преобразователь 800 согласно еще одному варианту осуществления. Этот вариант осуществления очень похож на вариант осуществления, показанный на Фиг. 8, но стержень 804 в этом варианте осуществления может включать в себя многочисленные пары пазов 870 или вырезов (показанных на Фиг. 8) вдоль длины стержня 804, каждый из которых выполнен с возможностью размещения одного или более чувствительных элементов 822. Как показано, чувствительные элементы 822, расположенные на одной стороне стержня 804, могут быть по существу параллельны друг другу, а чувствительные элементы 822, расположенные на другой стороне стержня 804, также могут быть по существу параллельны друг другу. Однако в других вариантах осуществления чувствительные элементы 822 могут быть ориентированы таким образом, что они не будут параллельны друг другу.

В некоторых вариантах осуществления каждый один или каждая пара чувствительных элементов 822 может быть соединена с устройством измерения напряжения (на этот раз не показанным) для захвата и/или измерения заряда, образующегося на одной или более поверхностях чувствительных элементов 822. Когда пробная масса 810 смещается, стержень 804 может отклоняться на всем протяжении длины, а каждая пара чувствительных элементов 822 может подвергаться воздействию напряжению сдвига различного уровня, зависящего от положения их вдоль длины стержня 804. Соответственно, этот преобразователь 800 может иметь повышенную чувствительность, поскольку многочисленные отсчеты напряжения могут быть получены по длине стержня 804 каждый раз, когда пробная масса 810 смещается. В некоторых вариантах осуществления чувствительные элементы 822 могут быть расположены на четырех сторонах стержня 804, чтобы имелся двухкомпонентный отклик, аналогичный описанному выше со ссылкой на Фиг. 7.

На Фиг. 10 показан заключенный в корпус сейсмический приемник 900 согласно одному варианту осуществления, который включает в себя многочисленные преобразователи 902, 904, 906, которые совместно могут использоваться в качестве трехкомпонентного акселерометра. Преобразователи 902, 904, 906 могут быть аналогичны преобразователям, ранее описанным в соответствии с предшествующими вариантами осуществления. Как показано, каждый из преобразователей 902, 904, 906 может быть установлен в закрытом корпусе 908, который содержит все преобразователи 902, 904, 906. В дополнение к этому приемник 900 может также включать другие компоненты, такие как гидрофон 910 или другое чувствительное устройство, выполненное с возможностью измерения акустического давления, а также электронное

устройство 912, такое как устройство измерения напряжения или усилитель, которое соединено с преобразователями 902, 904, 906. В некоторых вариантах осуществления корпус 908 может быть полностью или частично покрыт вспененным материалом 914 или другим материалом с низкой плотностью, который не добавляет значительный вес приемнику 900. В одном варианте осуществления вспененный материал 914 может быть синтаксической пеной.

Как показано, каждый из преобразователей 902, 904, 906 может быть выполнен с возможностью обнаружения ускорения акустических колебаний частиц, прикладываемого в различных направлениях 903, 905, 907. Например, преобразователи 902, 904, 906 можно ориентировать так, чтобы они были по существу ортогональны друг к другу. В одном варианте осуществления преобразователи 902, 904, 906 могут быть ориентированы по существу ортогонально друг к другу, так что преобразователи 902, 904, 906 могут обнаруживать ускорение акустических колебаний частиц в X-, Y- и Z-направлениях 903, 905, 907, показанных на Фиг. 10. В других вариантах осуществления преобразователи 902, 904, 906 могут быть ориентированы под другими углами относительно друг друга.

В некоторых вариантах осуществления приемник 900 может включать в себя относительно большой свободный объем внутри корпуса для оказания влияния на плавучесть. Например, в одном конкретном варианте осуществления эквивалентная плотность приемника 900 может быть меньше или равна приблизительно пятикратной (5) плотности воды, так что приемник 900 может отслеживать акустическую скорость частиц. Плавучесть приемника 900 может быть дополнительно повышена пенистым материалом 914, окружающим корпус 908. Как показано, в дополнение к этому приемник 900 может иметь длину L1, которая меньше или равна приблизительно половине длины L2 волны, соответствующей верхней граничной частоте акустической волны.

Во время работы приемник 900 может смещаться акустическими волнами, распространяющимися в воде, так что приемник 900 отслеживает движение акустических волн. Каждый из преобразователей 902, 904, 906 может быть выполнен с возможностью обнаружения величины акустического ускорения (то есть, скорости) приемника 900, когда он перемещается в воде, по одной составляющей 903, 905 или 907 направления (например, X, Y или Z). Другие варианты осуществления могут включать в себя больше или меньше преобразователей, так что приемник 900 может обнаруживать акустическое ускорение по большему или меньшему количеству направлений.

На Фиг. 11 показана вычислительная система 735 согласно варианту осуществления, способная обрабатывать данные от одного или более преобразователей или приемников, чтобы определять акустическое ускорение тела по меньшей мере по одной составляющей направления. Преобразователь (преобразователи) могут быть аналогичны преобразователю согласно любому из вариантов осуществления, описанных выше и показанных на Фиг. 2-9. В некоторых вариантах осуществления вычислительная система 735 может быть персональным компьютером и/или портативным электронным устройством на борту судна 101 (показанного на Фиг. 1). В других вариантах осуществления вычислительная система 735 может быть образована из корпоративных компьютеров, таких как один или более ультратонких серверов в корпоративной наземной вычислительной системе. Клавиатура 740 и мышь 741 могут быть соединены с вычислительной системой 735 через посредство системной шины 748. В одном примере с помощью клавиатуры 740 и мыши 741 входные данные пользователя могут вводиться в вычислительную систему 735 и передаваться к процессору 743. В дополнение к мыши 741 и клавиатуре 740 или вместо них могут использоваться другие подходящие

устройства ввода. Блок 749 ввода-вывода, соединенный с системной шиной 748, представляет такие элементы ввода-вывода, как принтер, устройство ввода-вывода аудио/видео и т.д.

Кроме того, вычислитель 735 может включать в себя видеопамять 744, основную память 745 и массовую память 742, которые все соединены с системной шиной 748, равно как и клавиатура 740, мышь 741 и процессор 743. Массовая память 742 может включать в себя несъемные и съемные носители, такие как магнитные, оптические или магнитооптические системы хранения данных и любое другое имеющееся средство массовой памяти. Шина 748 может содержать, например, адресные шины для адресации видеопамяти 744 или основной памяти 745.

Системная шина 748 также может включать в себя шину данных для обмена данными между компонентами, такими как процессор 743, основная память 745, видеопамять 744 и массовая память 742. Видеопамять 744 может быть двухпортовой видеопамятью со случайным доступом. В одном примере один порт видеопамяти 744 соединен с видеоусилителем 746, который используется для возбуждения монитора 747. Монитор 747 может быть монитором любого вида, пригодным для отображения графических изображений, таким как монитор на электроннолучевой трубке, плоская панель, или жидкокристаллический монитор или любое другое подходящее устройство представления данных.

Вычислительная система включает в себя процессор 743, который может быть любым подходящим микропроцессором или микрокомпьютером. Вычислительная система 735 также может включать в себя коммуникационный интерфейс 750, соединенный с шиной 748. Коммуникационный интерфейс 750 обеспечивает двустороннюю передачу данных по сетевой линии связи. Например, коммуникационный интерфейс 750 может быть спутниковым каналом связи, платой локальной сети, кабельным модемом и/или беспроводным интерфейсом. При любом таком выполнении коммуникационный интерфейс 750 посылает и принимает электрические, электромагнитные или оптические сигналы, которые несут потоки цифровых данных, представляющих информацию различного вида.

Код, принимаемый вычислительной системой 735, может выполняться процессором 743 по мере приема кода и/или сохраняться в массовой памяти 742 или другой энергонезависимой памяти для выполнения впоследствии. Таким образом, вычислительная система 735 может получать программный код в различных формах. Программный код может быть реализован в любой форме компьютерной программы-изделия, например, в виде носителя, сконфигурированного для сохранения и передачи считываемого компьютером кода или данных, или в который считываемый компьютером код или данные могут быть вложены. Примеры компьютерных программ-изделий включают в себя компакт диски, доступные только для чтения, карты постоянного запоминающего устройства, дискеты, магнитные ленты, компьютерные жесткие диски, серверы в сети и твердотельные запоминающие устройства. Независимо от фактической реализации вычислительной системы 735 система обработки данных может выполнять операции, которые позволяют осуществлять фильтрацию при использовании повторяемости и других метрик.

Хотя описанные выше варианты осуществления в основном были описаны применительно к обнаружению сейсмических волн, специалисту в данной области техники должно быть понятно, что эти варианты осуществления можно также использовать для других целей. Например, раскрытые преобразователи можно использовать для измерения ускорения транспортных средств, вибрации в автомобилях,

машинах, зданиях, системах управления процессами, защитных устройствах и т.д. В дополнение к этому раскрытые преобразователи можно использовать в смартфонах, цифровых аудиоплеерах и других электронных устройствах, в которых преобразователи используются для определения ориентации устройства относительно пользователя.

5 Специалисту в данной области техники также должно быть понятно, что раскрытые преобразователи могут найти многочисленные применения, связанные с преобразователями других видов, включая, но без ограничения ими, применения в технике, биологии, промышленности, медицине, на транспорте, при навигации и в гравиметрии. Кроме того, специалисту в данной области техники должно быть понятно,  
10 что, как описано выше, преобразователи, описанные в этом документе, могут использоваться в качестве датчиков, но они могут также или как вариант использоваться в качестве исполнительных механизмов, в которых напряжение прикладывается к пьезоэлектрическому чувствительному материалу и стержень перемещается в результате приложения напряжения.

15 Устройства и относящиеся к ним способы согласно настоящему раскрытию были описаны с обращением к конкретным вариантам осуществления для иллюстрации принципов работы. Поэтому выше описание приведено для примера, а не для ограничения. Различные модификации и изменения описанных вариантов осуществления должны быть понятны специалистам в данной области техники с учетом идей,  
20 изложенных в этом документе. Например, специалисты в данной области техники могут разработать многочисленные системы, устройства и способы, которые, хотя явно не показаны и не описаны в этом документе, реализуют описанные принципы и поэтому находятся в пределах сущности и объема этого раскрытия.

В соответствии с этим предполагается, что все такие изменения, разновидности и модификации раскрытых вариантов осуществления находятся в пределах объема этого раскрытия, определенного в прилагаемой формуле изобретения.

В методологиях, прямо или косвенно изложенных в этом документе, различные этапы и операции описаны в одном возможном порядке, но специалисты в данной области техники должны осознавать, что этапы и операции могут быть  
30 переупорядочены, заменены, исключены без отступления от сущности и объема раскрытых вариантов осуществления.

Все относительные и касающиеся направления указания (включая: верхний, нижний, вверх, вниз, восходящий, нисходящий, левый, правый, верхняя часть, нижняя часть, боковой, выше, ниже, передний, средний, задний, вертикальный, горизонтальный,  
35 центральный и т.д.) приведены для примера, чтобы помочь читателям понять конкретные варианты осуществления, описанные в этом документе. Они не должны считаться условиями или ограничениями, особенно в части положения, ориентации или использования изобретения. Касающиеся соединения указания (например, прикреплен, связан, присоединен, соединен и т.п.) должны толковаться широко и могут включать  
40 в себя промежуточные элементы между соединением элементов и относительное перемещение между элементами. Как таковые касающиеся соединения указания необязательно означают, что два элемента соединены непосредственно и фиксированы относительно друг друга, если только это специально не оговорено в формуле изобретения.

45

#### Формула изобретения

1. Преобразователь для обнаружения вибрационных сигналов, содержащий: консоль, соединенную с основанием, при этом консоль содержит стержень и первую

соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня и заданную передним концом консоли, а основание содержит вторую соединительную поверхность, ориентированную под углом от стержня и по существу параллельную первой соединительной поверхности консоли; и

5 чувствительный материал, присоединенный между первой соединительной поверхностью консоли и второй соединительной поверхностью основания;

при этом одна из первой и второй соединительных поверхностей или обе задают острый или тупой угол относительно продольной оси стержня.

10 2. Преобразователь по п. 1, в котором чувствительный материал содержит первую и вторую поверхности, и чувствительный материал выполнен с возможностью работы на сдвиговой моде.

3. Преобразователь по п. 2, в котором первая поверхность чувствительного материала находится в контакте с первой соединительной поверхностью консоли, и вторая поверхность чувствительного материала находится в контакте со второй соединительной  
15 поверхностью основания.

4. Преобразователь по п. 1, в котором чувствительный материал имеет прямоугольное поперечное сечение.

5. Преобразователь по п. 1, дополнительно содержащий зубец, который соединяет консоль с основанием.

20 6. Преобразователь по п. 5, в котором зубец выполнен с возможностью снижения чувствительности преобразователя поперек оси и дополнительно выполнен с возможностью повышения напряжения сдвига, прикладываемого к чувствительному материалу.

7. Преобразователь по п. 5, в котором консоль содержит зубец, и зубец продолжается  
25 в полость в основании.

8. Преобразователь по п. 5, в котором основание содержит зубец, и зубец продолжается в полость в консоли.

9. Преобразователь по любому из пп. 1-8, дополнительно содержащий пробную массу.

30 10. Преобразователь по любому из пп. 1-8, в котором чувствительный материал содержит пьезоэлектрический или пьезорезистивный элемент.

11. Преобразователь по любому из пп. 1-8, в котором консоль, основание и чувствительный материал совместно образуют первый акселерометр, и дополнительно содержащий второй акселерометр и третий акселерометр, при этом первый, второй и  
35 третий акселерометры установлены в корпусе и совместно образуют векторный датчик.

12. Преобразователь для обнаружения вибрационных сигналов, содержащий: консоль, соединенную с основанием, при этом консоль содержит стержень; и чувствительный материал, помещенный в стержень консоли, при этом чувствительный материал содержит первую и вторую поверхности, которые  
40 ориентированы под углом от стержня.

13. Преобразователь по п. 12, в котором чувствительный материал содержит первый пьезоэлектрический элемент и дополнительно содержит второй пьезоэлектрический элемент, помещенный в стержень, при этом второй пьезоэлектрический элемент содержит третью и четвертую поверхности, ориентированные под углами от стержня, и преобразователь также содержит третий и четвертый пьезоэлектрические элементы, помещенные в стержень, причем третий пьезоэлектрический элемент ориентирован параллельно первому пьезоэлектрическому элементу, а четвертый пьезоэлектрический элемент ориентирован параллельно второму пьезоэлектрическому элементу.

14. Преобразователь по п. 12, в котором чувствительный материал содержит пьезоэлектрический элемент, работающий на сдвиговой моде, и чувствительный материал в поперечном сечении имеет вид параллелограмма.

5 15. Преобразователь по любому из пп. 12-14, в котором консоль соединена с основанием на первом конце консоли, и дополнительно содержащий пробную массу, соединенную со вторым концом консоли.

16. Преобразователь по любому из пп. 12-14, в котором консоль соединена с основанием на первом конце консоли, и чувствительный материал помещен в консоль вблизи первого конца консоли.

10 17. Преобразователь по любому из пп. 12-14, в котором стержень содержит канавку, имеющую первую внутреннюю стенку, вторую внутреннюю стенку и третью внутреннюю стенку, при этом третья внутренняя стенка по существу параллельна первой внутренней стенке, и чувствительный материал помещен в канавку, и в котором также чувствительный материал связан с первой и третьей внутренними стенками, но  
15 не со второй внутренней стенкой.

18. Способ сбора вибрационных данных, содержащий этапы, на которых: собирают данные с преобразователя, соединенного с телом, при этом преобразователь содержит:

консоль, соединенную с основанием и содержащую стержень, задающий по меньшей  
20 мере одну соединительную поверхность, которая ориентирована под острым или тупым углом относительно продольной оси стержня; и

по меньшей мере один чувствительный элемент, соединенный с по меньшей мере одной соединительной поверхностью, при этом чувствительный элемент подвергается воздействию напряжения сдвига, когда стержень отклоняется относительно основания.

25 19. Способ сбора вибрационных данных, содержащий этапы, на которых: собирают данные с преобразователя, соединенного с телом, при этом преобразователь содержит:

консоль, соединенную с основанием и содержащую стержень, задающий по меньшей мере одну соединительную поверхность; и

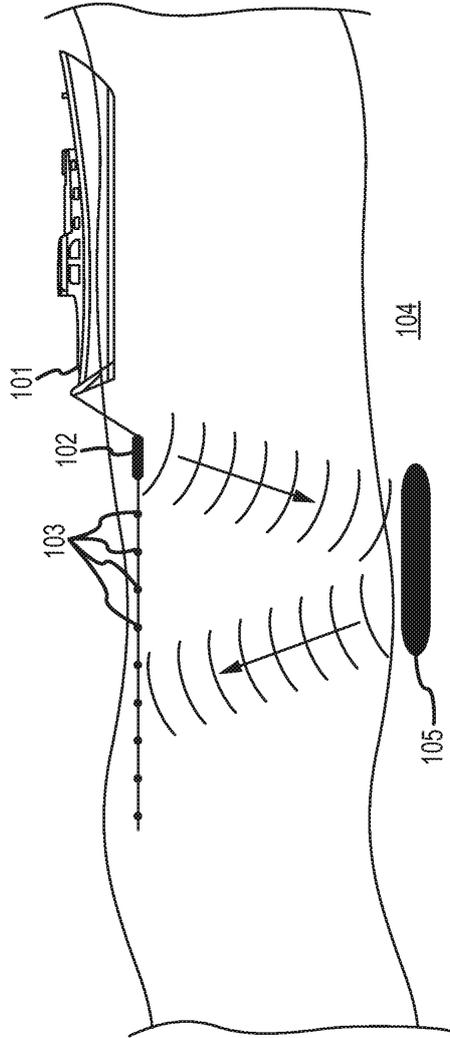
30 по меньшей мере один чувствительный элемент, содержащий чувствительный материал, помещенный в стержень консоли, и соединенный с по меньшей мере одной соединительной поверхностью, при этом чувствительный элемент представляет собой пьезоэлектрический элемент, работающий на сдвиговой моде, и чувствительный материал содержит первую и вторую поверхности, которые ориентированы под углом  
35 от стержня.

20. Способ по п. 18 или 19, дополнительно содержащий этап, на котором обрабатывают данные с преобразователя для определения акустического ускорения тела, по меньшей мере, по одной составляющей направления.

40

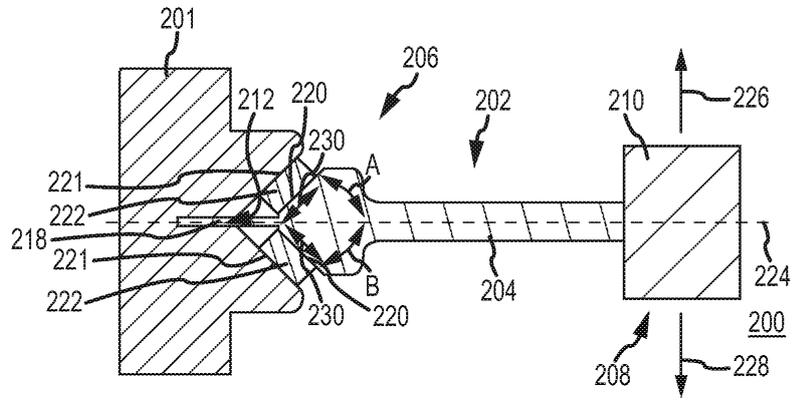
45

1/8

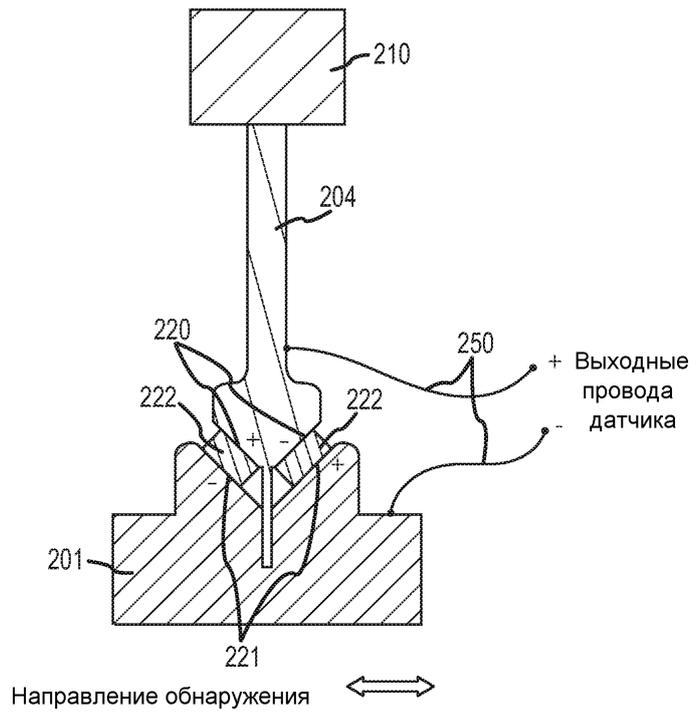


ФИГ.1

2/8

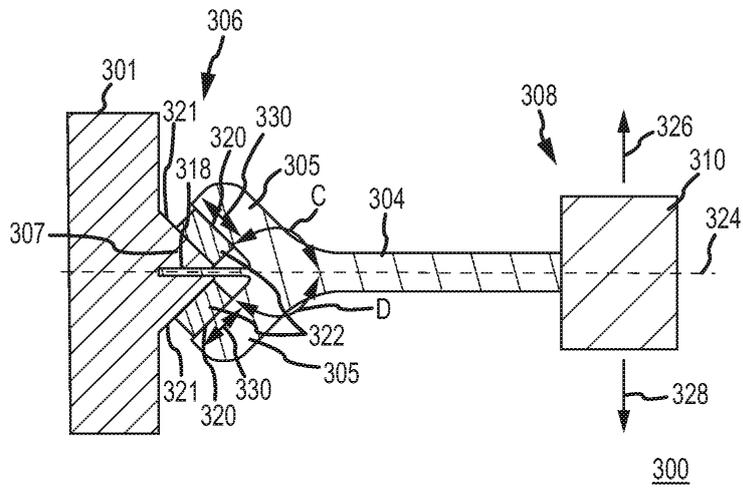


ФИГ.2

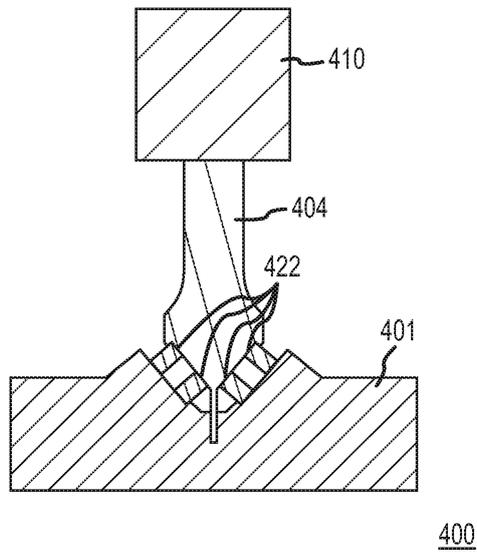


ФИГ.3

3/8

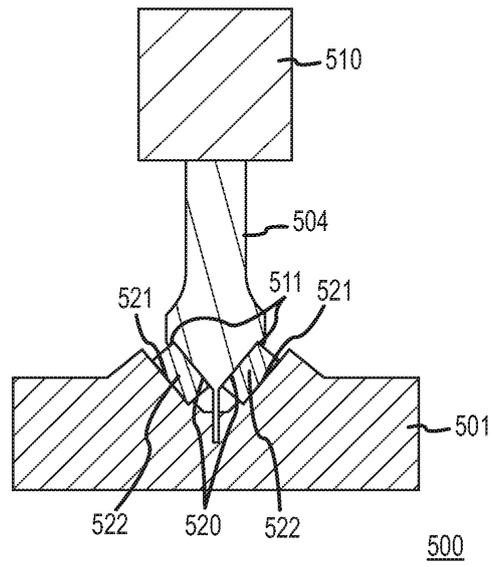


ФИГ.4



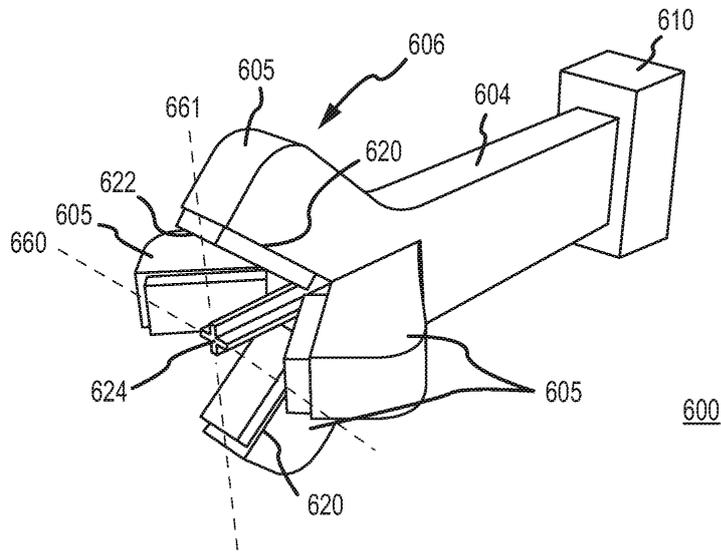
ФИГ.5

4/8

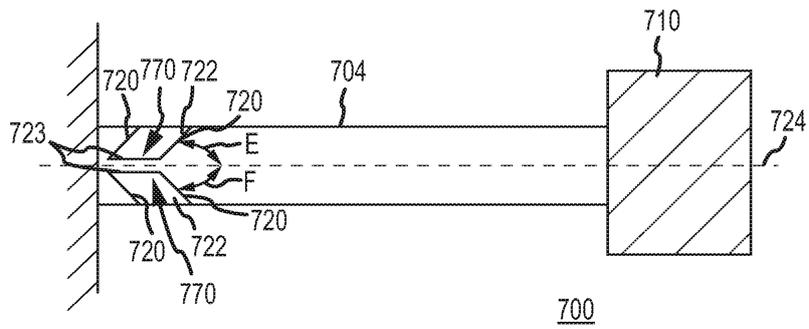


ФИГ.6

5/8

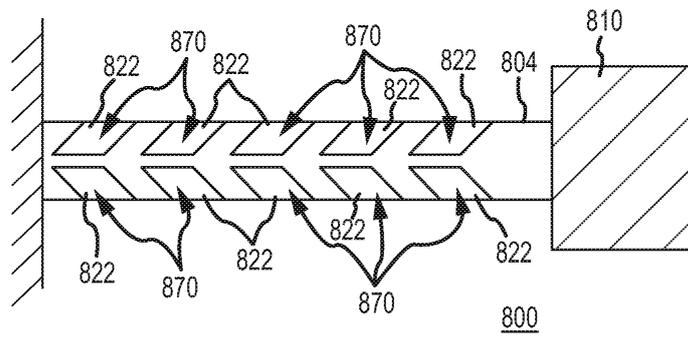


ФИГ.7



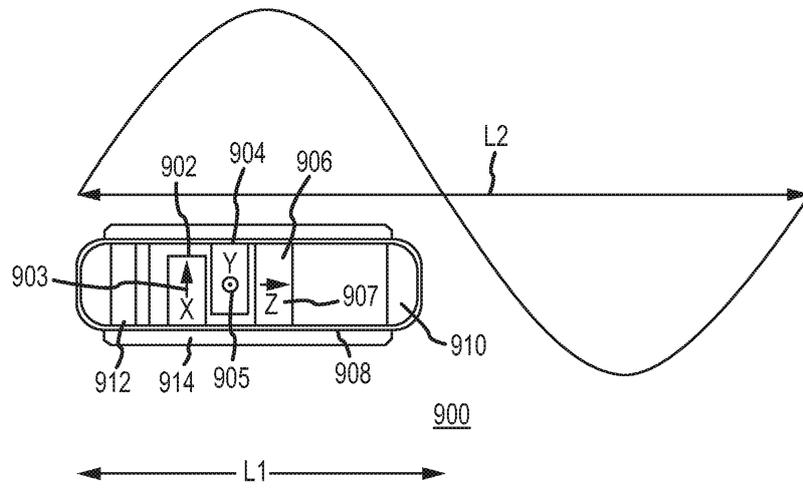
ФИГ.8

6/8



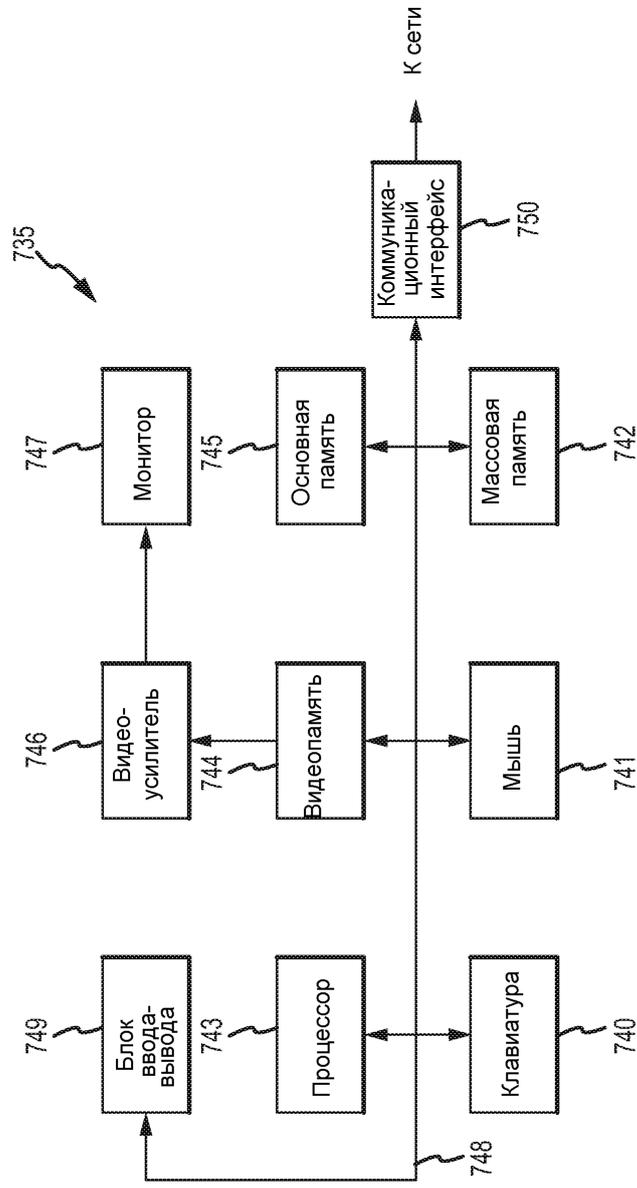
ФИГ.9

7/8



ФИГ.10

8/8



ФИГ.11