

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 543 708** (13) **C1**

(51) МПК  
[G01P 15/13 \(2006.01\)](#)

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 09.06.2020)  
Пошлина: учтена за 8 год с 01.08.2020 по 31.07.2021

(21)(22) Заявка: [2013136104/28](#), 31.07.2013(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.07.2013

(45) Опубликовано: [10.03.2015](#) Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2155964 C1, 10.09.2000. RU 2249221 C1, 27.03.2005; . US 6073490 A1, 13.06.2000; . US 7347097 B2, 25.03.2008

Адрес для переписки:

607220, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул.  
50 лет ВЛКСМ, 8а, ОАО "Арзамасский  
приборостроительный завод им. П.И.  
Пландина", Техническому директору  
Сивову В.А.

(72) Автор(ы):

**Юрманов Сергей Юрьевич (RU),  
Денисов Роман Андреевич (RU),  
Макарова Наталья Юрьевна (RU),  
Мальков Василий Юрьевич (RU),  
Шимин Михаил Викторович (RU),  
Коновалов Сергей Феодосьевич (RU),  
Майоров Денис Владимирович (RU),  
Пономарев Юрий Анатольевич (RU),  
Шабает Виктор Иванович (RU),  
Подчерзев Виктор Павлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

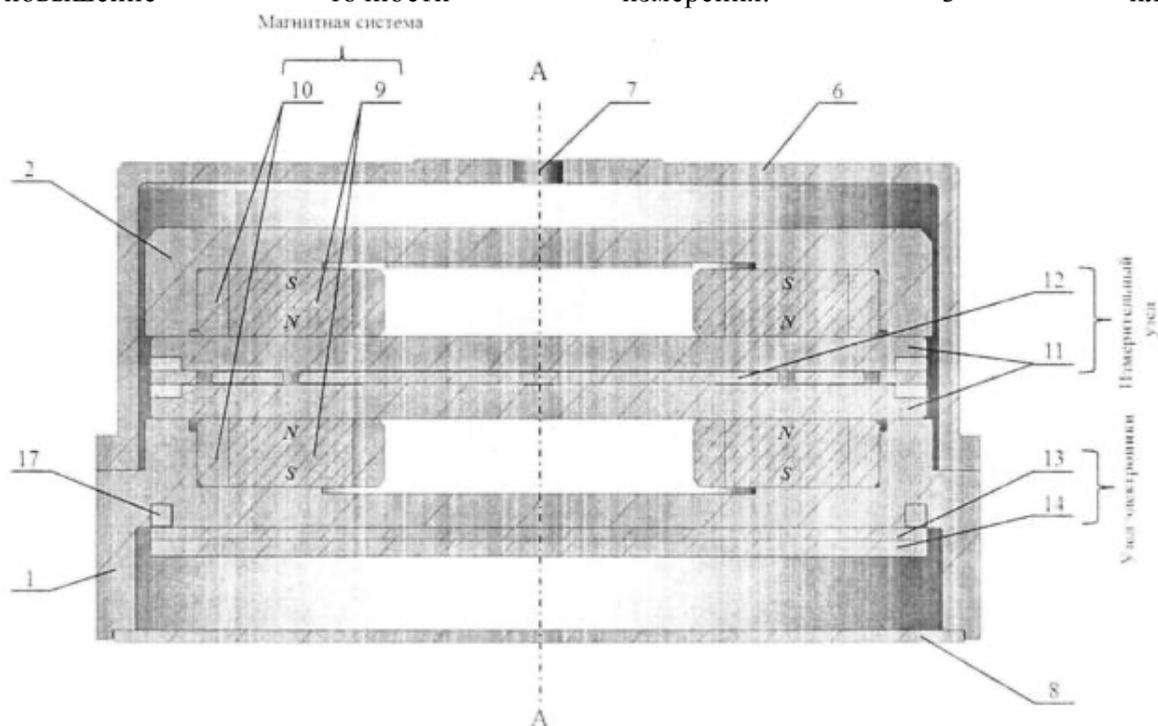
**Открытое акционерное общество  
"Арзамасский приборостроительный завод  
имени П.И. Пландина"-ОАО "АПЗ" (RU)**

**(54) КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МАЯТНИКОВЫЙ АКСЕЛЕРОМЕТР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к датчикам первичной информации (приборам) для измерения линейного ускорения. Сущность изобретения заключается в том, что в компенсационном маятниковом акселерометре, в котором магнитоэлектрический датчик момента представляет собой две магнитные системы, состоящие из постоянных магнитов, закрепленных с торцевой части в магнитопроводах в виде обода, катушка датчика момента напылена на верхней и нижней поверхностях единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, измерительный узел выполнен в виде компактного пакета, склеенного в не менее чем в четырех местах контакта пазов на плоских изолирующих платах и платиках единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, подача и вывод электрического сигнала на элементы измерительного узла от элементов электроники осуществляется с помощью токопроводящих контактов, выполненных в виде штырей, крепление элементов магнитных систем, измерительного узла и элементов электроники осуществляется с помощью направленных навстречу друг другу пар винтов, закрепленных в общей трубке с внутренней резьбой, при этом в основаниях головок которых расположены уплотняющие прокладки, элементы электроники и термодатчик расположены в отдельном отсеке, который изолируется крышкой, а в месте контакта элементов

магнитной системы и платы электроники расположена изолирующая прокладка, кроме того, в защитном кожухе предусмотрено отверстие для осуществления вакуумирования внутреннего пространства прибора. Технический результат - повышение точности измерения. 3 ил.



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к датчикам первичной информации (приборам) для измерения линейного ускорения.

Компенсационный микромеханический акселерометр включает в себя чувствительный элемент, содержащий маятниковый пластинчатый чувствительный элемент, который удерживается в нейтральном положении за счет магнитоэлектрической обратной связи.

Известен компенсационный маятниковый акселерометр (авторское свидетельство СССР №1679395, 1991 г.), содержащий корпус, в котором размещены маятниковый узел, содержащий выполненные из единой пластины монокристаллического кремния маятниковый пластинчатый чувствительный элемент, опорную рамку с базирующими платиками, предназначенными для формирования зазора для перемещения маятникового пластинчатого чувствительного элемента, упругий подвес, посредством которого маятниковый пластинчатый чувствительный элемент связан с опорной рамкой, магнитоэлектрический датчик момента, содержащий две магнитные системы, соосно размещенные по обе стороны от маятникового узла, каждая из которых содержит постоянный магнит, кольцевой ферромагнитный магнитопровод и центральный ферромагнитный магнитопровод, образующие между собой кольцевой зазор, две катушки, размещенные с обеих сторон маятникового пластинчатого чувствительного элемента, промежуточные плоские изолирующие кольца, соосно размещенные по обе стороны от маятникового узла между маятниковым узлом и торцевыми поверхностями магнитных систем магнитоэлектрического датчика момента, образованными кольцевыми ферромагнитными магнитопроводами, емкостной датчик угла перемещения маятникового пластинчатого чувствительного элемента, подвижным электродом которого является маятниковый пластинчатый чувствительный элемент, а неподвижные электроды которого расположены на промежуточных плоских изолирующих кольцах на сторонах, обращенных к маятниковому пластинчатому чувствительному элементу, компенсационный усилитель, вход которого соединен с емкостным датчиком угла, а выход через токоподводы с катушками, генератор напряжения возбуждения емкостного датчика угла перемещения, подключенный к электродам емкостного датчика угла.

Выполнение подвеса пластинки маятника в виде плоских упругих перемычек, соединяющих пластинку маятника с опорной рамкой, в случае возникновения по технологическим причинам относительного смещения центра масс маятника (пластинки маятника с укрепленными на ней катушками) и точки приложения сил компенсационного датчика не позволяет обеспечить работоспособность акселерометра при больших ускорениях. Вследствие деформации упругих перемычек под действием момента пары сил пластинка маятника получаем большие угловые перемещения и начинает касания изолирующих пластин.

Кроме того, указанный маятниковый акселерометр не позволяет измерять большие ускорения. Для измерения большого ускорения магнитные системы должны быть выполнены с кольцевым магнитом для обеспечения большой магнитной индукции в кольцевых зазорах магнитных систем и, следовательно, меньших токов в компенсационном датчике момента. Но в этом случае кольцевые магниты из-за наличия стяжки будут находиться в напряженном состоянии. В результат не обеспечивается временная стабильность намагниченности и следовательно временная стабильность масштабного коэффициента акселерометра.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является устройство по патенту RU 2291450 C1, 26.05.2005, G01P 15/13. Компенсационный маятниковый акселерометр содержит корпус, в котором размещены маятниковый узел, содержащий выполненные из единой пластины монокристаллического кремния маятниковый пластинчатый чувствительный элемент, опорную рамку с базирующими платиками и упругий подвес, магнитоэлектрический датчик момента, промежуточные плоские изолирующие кольца, соосно размещенные по обе стороны от маятникового узла, емкостной датчик угла перемещения маятникового пластинчатого чувствительного элемента, подвижным электродом которого является маятниковый пластинчатый чувствительный элемент, а неподвижные электроды расположены на промежуточных плоских изолирующих кольцах, компенсационный усилитель, генератор напряжения возбуждения емкостного датчика угла перемещения, подключенный к электродам емкостного датчика угла. Согласно изобретению средство для сборки и крепления маятникового узла, магнитоэлектрического датчика момента и промежуточных изолирующих колец к корпусу акселерометра выполнено из немагнитного материала, упругий подвес содержит два соосных крестообразных элемента, продольная ось каждого из которых ориентирована под углом  $45^\circ$  к кристаллографическому направлению  $\langle 110 \rangle$ , причем одна из образующих плоскостей крестообразного элемента параллельна торцевой плоскости (001) маятникового узла, а другая образующая плоскость перпендикулярна торцевой плоскости (001) маятникового узла.

Недостатком известного устройства является выполнение катушек магнитоэлектрического датчика обратной связи в виде отдельных элементов из проволоки, что негативно влияет на массогабаритные характеристики изобретения.

Крепление элементов маятникового чувствительного элемента (полых чашеобразных деталей) в единую сборочную единицу осуществляется с помощью болтового соединения с использованием болта нестандартной формы, что неизменно ужесточает требования к их конструкции и изготовлению. Также следует отметить, что данное конструктивное решение ограничивает авторов и заставляет вносить в состав конструкции отдельную корпусную деталь, на которой впоследствии с помощью винтового соединения закрепляется описываемая сборочная единица. В совокупности данные конструктивные решения усложняют конструкцию прибора в целом и увеличивают габариты.

В составе данной конструкции не предусмотрено отдельного места (отсека) для расположения электроники предварительного усиления сигнала, что ухудшает качественные параметры полезной составляющей выходного сигнала акселерометра. Сложно установить предполагаемое месторасположение компенсационного предусилителя (предположительно на обратной стороне маятникового пластинчатого элемента), описываемого авторами. Расположение электронных компонентов на маятниковом пластинчатом элементе может вносить дополнительные помехи (наводки) в работу емкостного датчика и температурную погрешность, т.к. во время своего функционирования будут источником дополнительного тепла.

Сборочная единица, состоящая из маятникового пластинчатого чувствительного элемента и двух плоских изолирующих плат, осуществляется по трем точкам, в результате чего, на практике, возникающие в процессе работы прибора в диапазоне рабочих температур внутренние напряжения в теле пластинчатого чувствительного элемента компенсируются не достаточно эффективно, что приводит к появлению напряжения в упругом подвесе и вносит ошибку в работу прибора. Также следует отметить, что выполнение плоских изолирующих плат с большим центральным отверстием (проходит катушка магнитоэлектрического датчика обратной связи) не позволяет в полной мере использовать возможности емкостного датчика угла (ограничение по площади напыления электродов).

Коммутация электродов электростатического датчика угла, расположенных на подвижной части пластинчатого маятникового элемента, с помощью токоподводов в виде проводов снижает надежность функционирования прибора в целом.

Выполнение составных частей магнитной системы (постоянных магнитов) в виде кольца увеличиваем массовые характеристики прибора.

Задачей настоящего изобретения является.

Технической задачей настоящего изобретения является создание компенсационного маятникового акселерометра, конструктивное выполнение которого позволит повысить точность измерения ускорения и обеспечит измерение больших ускорений.

Поставленная задача решена путем создания компенсационного маятникового акселерометра, включающего корпус, в котором размещены маятниковый узел, содержащий выполненные из единой пластины монокристаллического кремния маятниковый чувствительный элемент, опорную рамку с базирующими платиками, предназначенными для формирования зазора для перемещения маятникового чувствительного элемента, упругий подвес, посредством которого маятниковый чувствительный элемент связан с опорной рамкой; магнитоэлектрический датчик момента, содержащий две магнитные системы, соосно размещенные по обе стороны от маятникового узла, каждая из которых содержит постоянный магнит, ферромагнитные магнитопроводы, две катушки, размещенные с обеих сторон маятникового чувствительного элемента; емкостной датчик угла перемещения маятникового чувствительного элемента, подвижным электродом которого является маятниковый чувствительный элемент, а неподвижные электроды которого расположены на промежуточных плоских изолирующих платах на сторонах, обращенных к маятниковому чувствительному элементу; крепления маятникового узла, содержащие два винтовых соединения, симметрично размещенных по окружности, магнитоэлектрический датчик момента представляет собой две магнитные системы, состоящие из постоянных магнитов, закрепленных с торцевой части в магнитопроводы в виде обода, катушка датчика момента напылена на верхней и нижней поверхностях единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, измерительный узел выполнен в виде компактного пакета, склеенного в не менее чем в четырех местах контакта пазов на плоских изолирующих платах и платиках единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, подача и вывод электрического сигнала на элементы измерительного узла от элементов электроники осуществляем с помощью токопроводящих контактов, выполненных в виде штырей, крепление элементов магнитных систем, измерительного узла и элементов электроники осуществляется с помощью направленных навстречу друг другу пар винтов, закрепленных в общей трубке с внутренней резьбой, при этом в основаниях головок которых расположены уплотняющие прокладки, элементы электроники и термодатчик расположены в отдельном отсеке, который изолируется крышкой, а в месте контакта элементов магнитной системы и платы электроники расположена изолирующая прокладка, кроме того в защитном кожухе предусмотрено отверстие для осуществления вакуумирования внутреннего пространства прибора.

В дальнейшем изобретение поясняется чертежами, на которых:

Фиг.1 изображает компенсационный маятниковый акселерометр (продольный разрез) согласно изобретению;

Фиг.2 изображает компенсационный маятниковый акселерометр (поперечный разрез) согласно изобретению;

Фиг.3 изображает маятниковый узел компенсационного маятникового акселерометра согласно изобретению.

Описание позиции на чертежах:

- поз.1 - нижний корпус
- поз.2 - верхний корпус
- поз.3 - трубка
- поз.4 - крепежные винты
- поз.5 - уплотняющие прокладки
- поз.6 - защитный кожух
- поз.7 - отверстие для вакуумирования
- поз.8 - крышка
- поз.9 - постоянные магниты
- поз.10 - обод
- поз.11 - плоские изолирующие платы
- поз.12 - пластинчатый маятниковый элемент
- поз.13 - плата электроники предварительного усилителя сигнала
- поз.14 - изолирующая прокладка
- поз.15 - отсек электроники
- поз.16 - токопроводящие контакты
- поз.17 - катушка термодатчика
- поз.18 - монтажные пазы
- поз.19 - монтажные пластики
- поз.20 - катушка, изготовленная напылением
- поз.21 - обкладки емкостного датчика угла, изготовленные напылением
- поз.22 - металлизированные отверстия для соединения дорожек катушек
- поз.23 - металлизированные отверстия для соединения подвижных обкладок емкостного датчика угла
- поз.24 - отверстия для трубок поз.3.

Описание воплощения изобретения

Компенсационный маятниковый акселерометр (Фиг.1) содержит нижний корпус 1 и верхний корпус 2, защитный кожух 6 с отверстием для вакуумирования 7 и крышку 8. Магнитные системы прибора состоят из постоянных магнитов 9, закрепленных с торцевой части в магнитопроводы в виде ободов 10.

Измерительный узел выполнен в виде компактного пакета и состоит из плоских изолирующих плат 11 и пластинчатого маятникового элемента 12. В отсеке для электроники 15 устанавливается узел электроники, состоящий из платы электроники предварительного усилителя сигнала 13 и изолирующей прокладки 14. Коммутация электрических сигналов между измерительным узлом и узлом электроники осуществляется с помощью токопроводящих контактов 16, выполненных в виде штырей.

Сборка верхнего корпуса 2, измерительного узла, нижнего корпуса 1 и узла электроники осуществляется с помощью двух пар крепежных винтов 4 с уплотняющими прокладками 5, которые обеспечивают фиксацию между элементами посредством трубок 3 с внутренней резьбой.

В нижний корпус 1, со стороны отсека электроники, устанавливается катушка термодатчика 17.

Сборка измерительного узла осуществляется склеиванием плоских изолирующих плат 11 в местах расположения монтажных пазов 18 с пластинчатым маятниковым элементом 12 в местах расположения платиков 19. При этом монтажные пазы 18 располагаются на стороне, контактирующей с пластинчатым маятниковым элементом 12, не менее чем в четырех местах. Монтажные пластики 19 располагаются с обеих сторон пластинчатого маятникового элемента 12 не менее чем в четырех местах на каждой из сторон.

На поверхности пластинчатого маятникового элемента 12 с обеих сторон располагаются катушки 20, выполненные методом напыления. Катушки 20 совместно с магнитной системой образуют магнитоэлектрический датчик момента. Коммутация между катушками 20, расположенными на различных сторонах пластинчатого маятникового элемента 12, осуществляется с помощью металлизированных отверстий

22. Также на обеих поверхностях пластинчатого маятникового элемента 12 располагаются подвижные электроды емкостного датчика угла 21. Неподвижные обкладки располагаются зеркально электродам 21 на плоских изолирующих платах 11 на сторонах расположения монтажных пазиков 19. Коммутация между подвижными электродами емкостного датчика угла 21, расположенными на различных сторонах пластинчатого маятникового элемента 12, осуществляется с помощью металлизированных отверстий 23. В теле пластинчатого маятникового элемента 12 и плоских изолирующих плат 11 сформированы отверстия 24 для трубок 3.

Работа маятникового компенсационного акселерометра осуществляется следующим образом.

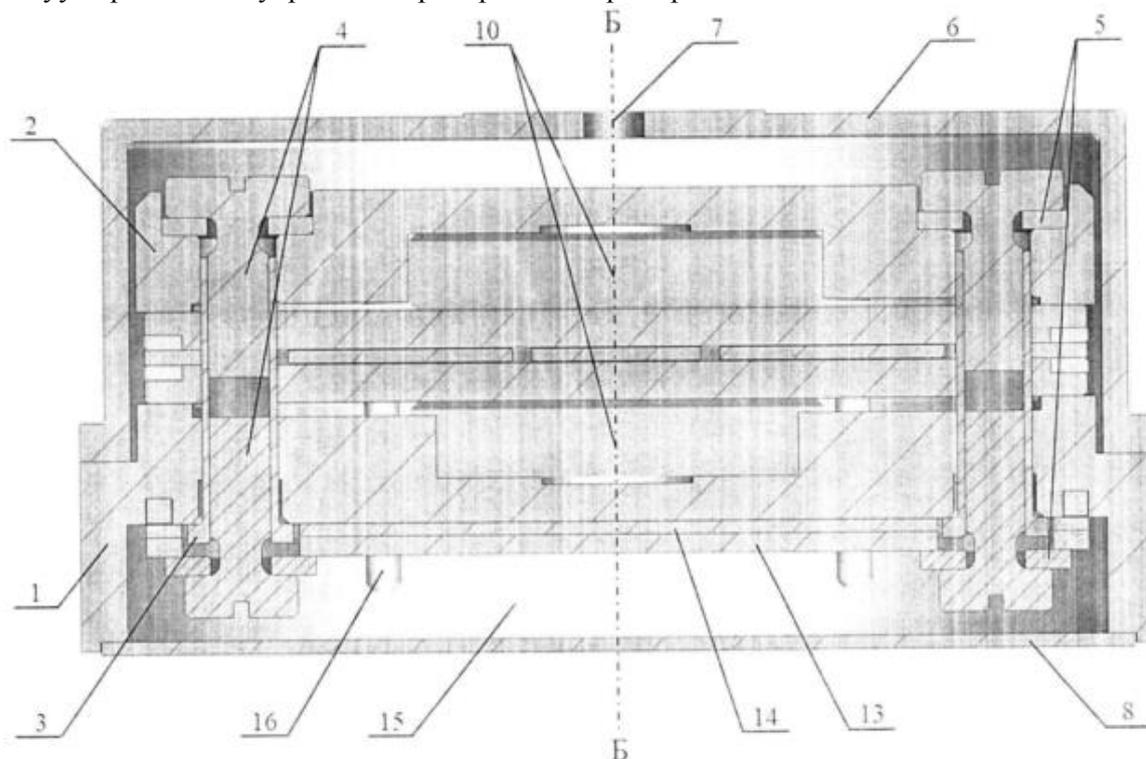
При наличии ускорения по измерительной оси А-А маятниковый пластинчатый чувствительный элемент 12 отклоняется под действием инерционного момента. Угловое перемещение маятникового пластинчатого чувствительного элемента 12 изменяет величины электрических емкостей емкостного датчика угла за счет перемещения подвижных электродов 21. Изменение емкостей датчика угла преобразуется электроникой предварительного усилителя сигнала 13 в постоянный ток, который после преобразования и усиления подается в катушки 20 магнитоэлектрического датчика момента. При протекании тока по катушкам 20 формируется компенсационный момент, воздействующий на маятниковый пластинчатый чувствительный элемент 12 и возвращающий его в исходное положение. Постоянный ток, протекающий по катушкам 20 магнитоэлектрического датчика момента, является выходным сигналом компенсационного маятникового акселерометра.

Совокупность содержащихся в материалах заявки предложений по новой конструкции акселерометра способна обеспечить измерение больших ускорений. Одновременно новые предложения обеспечивают улучшение точностных характеристик прибора по сравнению с известными образцами.

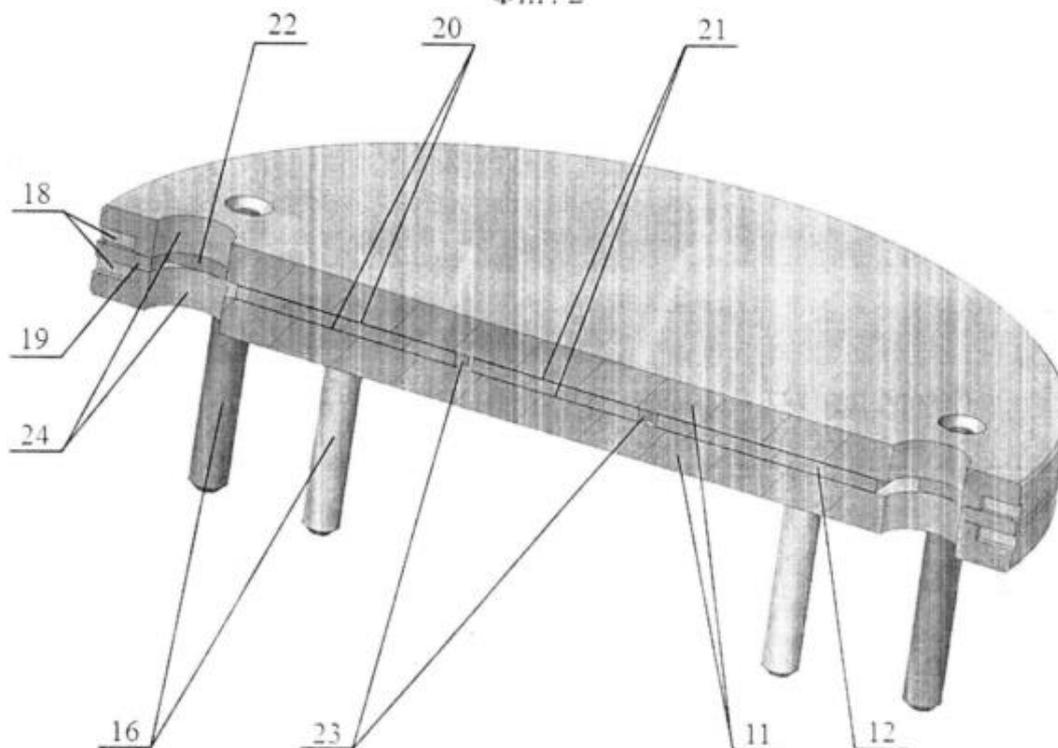
#### Формула изобретения

Компенсационный маятниковый акселерометр, включающий корпус, в котором размещены маятниковый узел, содержащий выполненные из единой пластины монокристаллического кремния маятниковый чувствительный элемент, опорную рамку с базирующими платиками, предназначенными для формирования зазора для перемещения маятникового чувствительного элемента, упругий подвес, посредством которого маятниковый чувствительный элемент связан с опорной рамкой; магнитоэлектрический датчик момента, содержащий две магнитные системы, соосно размещенные по обе стороны от маятникового узла, каждая из которых содержит постоянный магнит, ферромагнитные магнитопроводы, две катушки, размещенные с обеих сторон маятникового чувствительного элемента; емкостной датчик угла перемещения маятникового чувствительного элемента, подвижным электродом которого является маятниковый чувствительный элемент, а неподвижные электроды которого расположены на промежуточных плоских изолирующих платах на сторонах, обращенных к маятниковому чувствительному элементу; крепления маятникового узла, содержащие два винтовых соединения, симметрично размещенных по окружности, отличающийся тем, что магнитоэлектрический датчик момента представляет собой две магнитные системы, состоящие из постоянных магнитов, закрепленных с торцевой части в магнитопроводы в виде обода, катушка датчика момента напылена на верхней и нижней поверхностях единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, измерительный узел выполнен в виде компактного пакета, склеенного в не менее чем в четырех местах контакта пазов на плоских изолирующих платах и платиках единой пластины монокристаллического кремния маятникового чувствительного элемента, подача и вывод электрического сигнала на элементы измерительного узла от элементов электроники осуществляется с помощью токопроводящих контактов, выполненных в виде штырей, крепление элементов магнитных систем, измерительного узла и элементов электроники осуществляется с помощью направленных навстречу друг другу пар винтов, закрепленных в общей трубке с

внутренней резьбой, при этом в основаниях головок которых расположены уплотняющие прокладки, элементы электроники и термодатчик расположены в отдельном отсеке, который изолируется крышкой, а в месте контакта элементов магнитной системы и платы электроники расположена изолирующая прокладка, кроме того, в защитном кожухе предусмотрено отверстие для осуществления вакуумирования внутреннего пространства прибора.



Фиг. 2



Фиг. 3

## ИЗВЕЩЕНИЯ

**PD4A Изменение наименования, фамилии, имени, отчества патентообладателя**

(73) Патентообладатель(и):

**Акционерное общество "Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина"  
(RU)**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **19.04.2016**

Дата публикации: [10.05.2016](#)