

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2191390

Российским агентством по патентам и товарным знакам на основании Патентного закона Российской Федерации, введенного в действие 14 октября 1992 года, выдан настоящий патент на изобретение

АКСЕЛЕРОМЕТР

Патентообладатель(ли):

Балаковский институт техники, технологии и управления

по заявке № 99120920, дата поступления: 04.10.1999

Приоритет от 04.10.1999

Автор(ы) изобретения:

Увакин Валентин Федорович

Патент действует на всей территории Российской Федерации в течение 20 лет с 4 октября 1999 г. при условии своевременной уплаты пошлины за поддержание патента в силе

Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации

г. Москва, 20 октября 2002 г.

Генеральный директор

А.Д. Коровин



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПРИЛОЖЕНИЕ

К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2191390

Зарегистрирован 14.12.2009 договор № РД0058169
об отчуждении патента.

Новый патентообладатель: Увакин Антон
Валентинович (RU)

Запись внесена в Государственный реестр
изобретений Российской Федерации
14 декабря 2009 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'B.P. Simonov', is written over the printed name.





(19) RU (11) 2191390 (13) C2

(51) 7 G 01 P 15/125

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

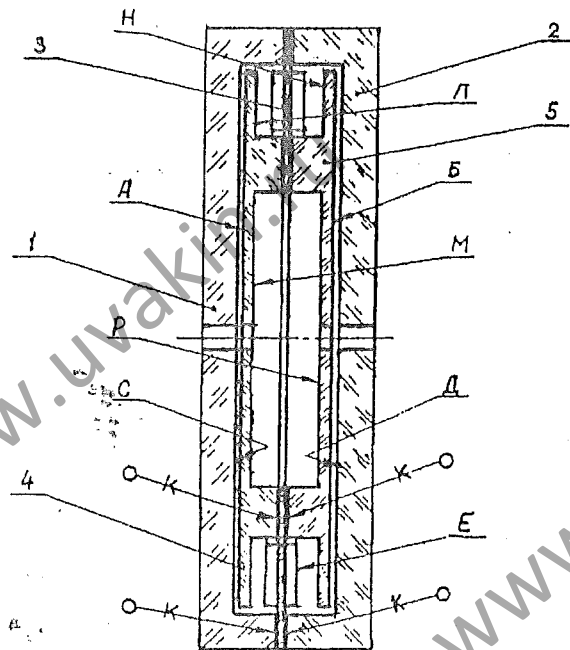
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**
к патенту Российской Федерации

1

(21) 99120920/28 (22) 04.10.1999
(24) 04.10.1999
(46) 20.10.2002 Бюл. № 29
(72) Увакин В.Ф.
(71) (73) Балаковский институт техники,
технологии и управления
(56) SU 1825138 A1, 10.10.1996. SU 1837718
A1, 27.03.1999. US 5186053, 16.02.1993. WO
92/14161, 20.08.1992.
Адрес для переписки: Саратовская
обл., г. Балаково, ул. Чапаева, кв.
В.Ф.Увакину
(54) **АКСЕЛЕРОМЕТР**
(57) Акселерометр предназначен для приме-
нения в навигационных системах летатель-
ных аппаратов, морских судов и на
транспорте. Акселерометр содержит корпус,

2

инерционную массу, установленную на
подвесе, дифференциальный емкостный пре-
образователь линейных перемещений инер-
ционной массы, измерительный блок. Для
снижения стоимости акселерометра и повы-
шения надежности его работы в эксплуата-
ции подвес инерционной массы выполнен в
виде ленточного карданного подвеса с
гофрами в радиальном направлении на
участках внутренней рамки между радиаль-
ными парами коротких ортогональных пере-
мычек, соединяющих инерционную массу
через внутреннюю рамку с корпусом аксе-
лерометра. В качестве материала корпуса,
инерционной массы и ленточного карданного
подвеса выбран плавленный кварц. 4 з.п.
ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2191390 C2

RU 2191390 C2

Изобретение относится к измерительной технике, в частности к линейным осевым акселерометрам, предназначенным для применения в навигационных системах летательных аппаратов, морских судов и на транспорте.

Известны линейные осевые компенсационные акселерометры, содержащие цилиндрический корпус, инерционную массу, подвешенную с двух сторон на упругих подвесах из ленты, преобразователь линейных перемещений, магнитоэлектрический преобразователь силы, электронный блок формирования сигналов обратной связи и выходного [1].

Недостатками известных акселерометров являются сложность конструкции и высокая стоимость.

Известны также линейные маятниковые акселерометры, содержащие корпус, маятниковый подвес инерционной массы, которые выполнены из монокристаллического кремния, дифференциальный емкостный преобразователь угловых перемещений инерционной массы, магнитоэлектрический датчик момента, электронный блок формирования сигналов обратной связи и выходного [2].

Недостатками таких акселерометров являются сложность конструкции, высокая стоимость и невысокая надежность в эксплуатации, что обусловлено наличием в конструкции концентраторов напряжений - двух перемычек маятникового подвеса инерционного элемента с малыми размерами в плане и толщиной ($1,3 \times 0,12 \times 0,008$ мм) особенно при высокой степени вертикальности стенок подвеса, низкой добротностью упругого подвеса инерционной массы ($Q=5 \cdot 10^4$), что связано с микроэлектронной технологией обработки монокристаллического кремния, с низким объемным электросопротивлением кремния $\rho_v = 2300$ Ом·м - полупроводник), с большой диэлектрической проницаемостью кремния $\epsilon=12,5$, что приводит к снижению точности дифференциального емкостного преобразователя угловых перемещений инерционной массы при работе акселерометра в разомкнутой схеме измерения ускорений из-за повышенных значений токов утечки и паразитных емкостей.

Технический результат, обеспечиваемый изобретением, выражается в упрощении конструкции, снижении стоимости акселерометра и повышении надежности в эксплуатации.

Это достигается тем, что акселерометр, содержащий корпус, инерционную массу, установленную на подвесе, дифференциаль-

ный емкостный преобразователь линейных перемещений инерционной массы, измерительный блок, подвес инерционной массы выполнен в виде ленточного карданного подвеса с гофрами в радиальном направлении на участках внутренней рамки карданного подвеса между радиальными парами коротких ортогональных перемычек, соединяющих инерционную массу через внутреннюю рамку с корпусом прибора, в качестве материала корпуса, инерционной массы и ленточного карданного подвеса выбран плавленный кварц, соединение которых между собой производится "холодной" сваркой инфракрасными лучами по подслою двуокиси кремния, электроды дифференциального емкостного преобразователя линейных перемещений инерционной массы выполнены напылением металла на наружные торцовые поверхности двух элементов инерционной массы и на внутренние донные поверхности двух чашеобразных элементов корпуса, на внутренние торцовые поверхности на участках малой толщины элементов инерционной массы напылен слой металла толщиной, равной толщине напыленных электродов на наружных торцовых поверхностях этих же элементов, которые соединены между собой симметрично расположенными по отношению к подвесу напыленными токоподводами с образованием одного общего электрода с выводом его на корпус, а в качестве преобразователя линейных перемещений инерционной массы в пропорциональный электрический сигнал выбран мост Саути [3] с дифференциальным емкостным преобразователем линейных перемещений инерционной массы.

На фиг.1 изображен предлагаемый акселерометр в разрезе; на фиг.2 - карданный подвес инерционной массы в аксонометрии с вырезом одной четверти; на фиг.3 - измерительная схема акселерометра.

Акселерометр содержит корпус, выполненный из двух идентичных чашеобразных элементов 1 и 2, между которыми закреплен ленточный карданный подвес 3 по наружному кольцу. На внутреннем кольце карданного подвеса 3 симметрично с двух сторон установлены элементы 4 и 5, образующие инерционную массу акселерометра.

Ленточный карданный подвес 3 инерционной массы выполнен из наружного и внутреннего колец и внутренней рамки, зазор между которыми $\delta = 0,1 \dots 0,2$ мм. На участках внутренней рамки карданного подвеса между радиальными парами коротких ортогональных перемычек, соединяющих

инерционную массу через внутреннюю рамку с корпусом акселерометра, выполнены в радиальном направлении гофры Е высотой H_r , которые позволяют на два порядка увеличить линейный участок упругой характеристики карданного подвеса и диапазон измеряемых ускорений.

На наружных торцовых поверхностях А и Б элементов 4 и 5 инерционной массы и на внутренних донных поверхностях С и Д чашеобразных элементов 1 и 2 корпуса нанесены металлизацией электроды дифференциального емкостного преобразователя линейных перемещений с образованием емкостей C_1 и C_2 . На внутренних торцовых поверхностях Л, М и Н, Р на участках малой толщины элементов 4 и 5 инерционной массы также напылением нанесены слои металла толщиной, равной толщине напыленных электродов на наружных торцовых поверхностях этих же элементов, которые соединены между собой симметрично расположенными по отношению к подвесу 3 напыленными токоподводами (не показаны) с образованием общего подвижного электрода с выводом его на корпус, что позволяет резко снизить прогиб тонкостенных подвижных электродов емкостного преобразователя за счет биметаллического эффекта, уменьшить температурную нестабильность емкостей C_1 и C_2 дифференциального емкостного преобразователя линейных перемещений и масштабного коэффициента акселерометра.

В качестве преобразователя линейных перемещений инерционной массы акселерометра в пропорциональный электрический сигнал применен мост Саути с дифференциальным емкостным преобразователем линейных перемещений инерционной массы с емкостями плеч C_1 и C_2 и резисторами R в двух смежных плечах моста.

Ленточный карданный подвес 3 инерционной массы можно изготовить из заготовки из ленты плавленного кварца заданной толщины h и диаметра с предварительно полученными с помощью лазера прорезями шириной δ заданной конфигурации и последующей горячей листовой штамповкой гофр в радиальном направлении на участках внутренней рамки карданного подвеса. Другим способом получения ленточного карданного подвеса является горячая листовая штамповка в комбинированном штампе эластичной средой, в качестве которой можно использовать материал Графлекс (термически расщепленный графит) с высокими упругими, пластичными и антифрикционными свойствами и термостойкостью в защитной

среде до 3000°C , непроницаемостью для жидкостей и газов [5].

"Холодная" сварка элементов корпуса 1 и 2 и элементов инерционной массы 4 и 5 с наружным и внутренним кольцами ленточного карданного подвеса 3 с нанесением тончайших равномерных пленок двуокиси кремния и облучения мест соединения в специальных камерах инфракрасными лучами при температурах $150...250^\circ\text{C}$ резко снижает термоупругие напряжения в элементах конструкции, так как пленка клея не деформируется и однородность среды на границах соединений не нарушается, сохраняется геометрия и качество соединяемых поверхностей. Такие соединения стеклянных деталей акселерометра являются высокопрочными, вакуумплотными, стойки к термоударам [4]. Способ соединения запатентован в США, ФРГ, Японии.

Идентичность элементов 1 и 2, 4 и 5 конструкции акселерометра и симметричное выполнение ленточного карданного подвеса 3 инерционной массы с напыленными токоподводами, малый температурный коэффициент линейного расширения плавленного кварца $\alpha = 5 \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$ позволяют резко снизить дрейф нулевого сигнала акселерометра, а термостабилизация акселерометра - резко уменьшить нестабильность масштабного коэффициента (до 0,02%).

Расчеты показывают, что для приведенной на фиг.1 и 2 конструкции карданного подвеса с наружным диаметром $D_H=12$ мм, толщиной ленты $h=0,06$ мм, шириной внутренней рамки $b=1,5$ мм, относительной глубиной гофр $H_r/h=15$ и массой инерционного элемента $m=1,15 \cdot 10^{-4}$ кг жесткость подвеса по силе в осевом направлении $K_p=643$ Н/м, собственная частота колебаний подвеса $f_0=380$ Гц и при действии ускорения $a=20g$ перемещений инерционного элемента составит 0,035 мм, максимальное эквивалентное напряжение в материале подвеса $\sigma_{\text{э max}} = 15,7$ МПа при допускаемом напряжении на изгиб для прозрачного кварцевого стекла $\sigma_{\text{би}} = 110$ МПа [6], нелинейность упругой характеристики гофрированного карданного подвеса в диапазоне ускорений $a=\pm 20g$, $\gamma_{\text{нг}} = 0,05\%$, а в диапазоне измеряемых ускорений $a=\pm 3g$ по нелинейности упругой характеристики карданного подвеса предлагаемый акселерометр соответствует классу точности 001.

Блок-схема измерительного блока представлена на фиг.3 и содержит высокостабильный высокочастотный генератор синусоидального напряжения 6, включенный

в одну из диагоналей моста Саути, в который входит дифференциальный емкостный преобразователь линейных перемещений инерционной массы с емкостями C_1 и C_2 , два резистора R в двух других плечах моста, выходной сигнал с которого подается на электронный блок 7 усиления и преобразования со стабильным значением масштабного коэффициента, который может быть выполнен в виде гибридной интегральной схемы. Внутренняя полость акселерометра заполнена инертным газом для обеспечения демпфирования колебаний упругого карданного подвеса с инерционной массой. Заданное значение относительного коэффициента демпфирования обеспечивается выбором ширины прорезей δ в ленточном карданном подвесе и радиального зазора между внутренними полостями элементов 1 и 2 корпуса и наружными диаметрами элементов 4 и 5 инерционной массы.

Для базирования акселерометра на установочном фланце предусмотрены центральные отверстия малого диаметра, которые одновременно являются технологическими отверстиями при сборке прибора. Для уменьшения влияния разности температурных коэффициентов линейного расширения материалов акселерометра и основания при изменении температуры окружающей среды за счет термоупругих напряжений может быть предусмотрена переходная плата, выполненная, например, в виде гофрированной мембраны с жестким центром из плавленого кварца [2, с.158].

Предлагаемый акселерометр работает следующим образом.

При воздействии по оси чувствительности измеряемого линейного ускорения инерционная масса, состоящая из элементов 4 и 5, смещается относительно нулевого положения пропорционально действующему ускорению,

при этом изменяются значения емкостей C_1 и C_2 дифференциального емкостного преобразователя линейных перемещений на величины $\pm \Delta C$, появляется разбаланс моста Саути и при питании его от высокостабильного высокочастотного генератора синусоидального напряжения b выходной сигнал с моста будет пропорционален линейному ускорению по оси чувствительности акселерометра, который усиливается и преобразуется в измерительном блоке 7 в сигнал постоянного тока, пропорциональный действующему ускорению, знак которого определяется направлением действия ускорения по оси чувствительности акселерометра.

В результате упрощается конструкция акселерометра, снижается его стоимость и повышается надежность в эксплуатации.

Источники информации

1. Патент №4145929 США, М. кл. G 01 P 15/08. Линейный компенсационный акселерометр с электромагнитным силовым компенсатором улучшенной конструкции.

2. Будкин В.Л., Паршин В.А. и др. Разработка кремниевых датчиков первичной информации для систем навигации и управления. V Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. С.-Пб., 1998, с. 149-151.

3. Аш Ж. и др. Датчики измерительных систем. Кн. 1, М.: Мир, 1992, с.338-389.

4. Федин Э. Самое надежное соединение стеклянных деталей. Изобретатель и рационализатор. № 10, 1984, с.18.

5. Плявина И. Тиражируют уникальность. Изобретатель и рационализатор. № 9, 1994, с.16-17.

6. Справочник по электротехническим материалам. Т2 /Под ред. Ю.В.Корицкого и др. - М.: Энергоатомиздат, 1987, с.203.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Акселерометр, содержащий корпус, инерционную массу, установленную на подвесе, дифференциальный емкостный преобразователь линейных перемещений инерционной массы, измерительный блок, отличающийся тем, что подвес инерционной массы выполнен в виде ленточного карданного подвеса с гофрами в радиальном направлении на участках внутренней рамки между радиальными парами коротких ортогональных перемычек, соединяющих инерционную массу через внутреннюю рамку с корпусом акселерометра.

2. Акселерометр по п.1, отличающийся тем, что в качестве материала корпуса, инерционной массы и ленточного карданного подвеса выбран плавленный кварц, соединение которых между собой производится "холодной" сваркой инфракрасными лучами по подслою двуокиси кремния.

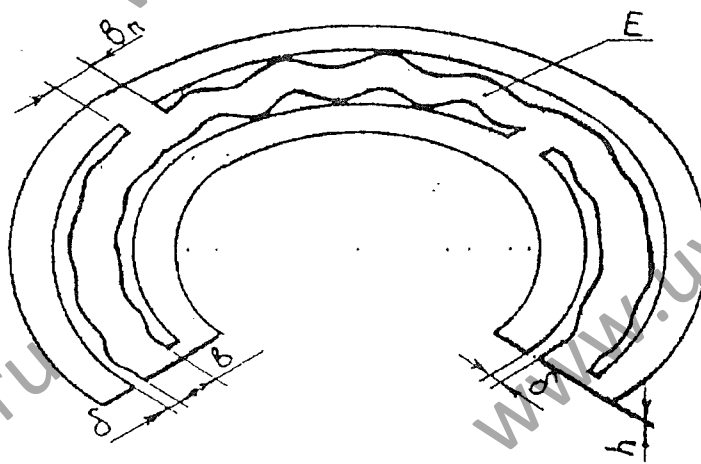
3. Акселерометр по п.1, отличающийся тем, что электроды дифференциального емкостного преобразователя линейных перемещений инерционной массы выполнены напылением металла на наружные торцовые поверхности двух элементов инерционной

массы и на внутренние донные поверхности двух чашеобразных элементов корпуса.

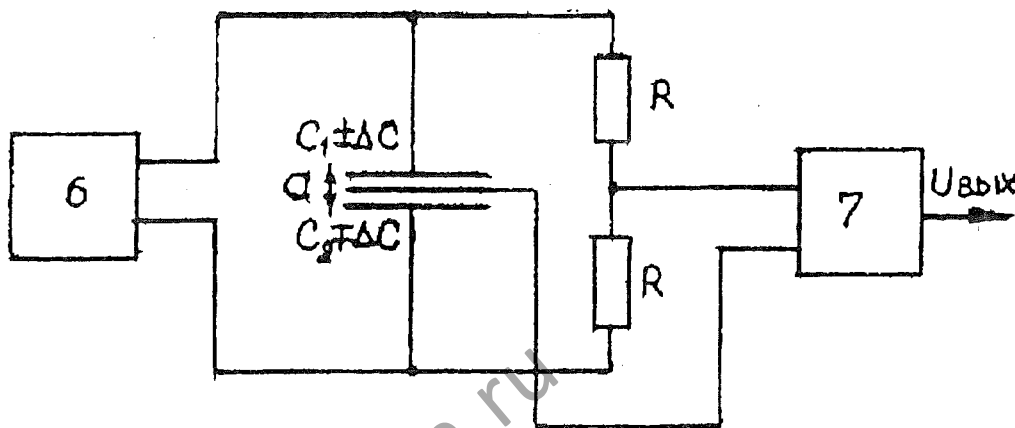
4. Акселерометр по п.1, отличающийся тем, что на внутренние торцовые поверхности на участках малой толщины элементов инерционной массы напылен слой металла толщиной, равной толщине напыленных электродов на наружных торцовых поверхностях этих элементов, которые соединены между собой симметрично расположенными по отношению к подвесу напыленными

токоподводами с образованием одного общего электрода с выводом его на корпус.

5. Акселерометр по п.1, отличающийся тем, что в качестве преобразователя линейных перемещений инерционной массы в пропорциональный электрический сигнал выбран мост Саути с дифференциальным емкостным преобразователем линейных перемещений инерционной массы.



Фиг. 2



Фиг. 3

Заказ 29 Подписное
ФИПС, Рег. ЛР № 040921

Научно-исследовательское отделение по
подготовке официальных изданий
Федерального института промышленной собственности
Бережковская наб., д.30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС
Отделение по выпуску официальных изданий

