



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010126858/28**, 30.06.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**30.06.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **30.06.2010**(45) Опубликовано: **20.02.2012** Бюл. № 5(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **РАСПОПОВ В.Я. Микромеханические приборы. - М.: Машиностроение: 2007, с.23. RU 2266521 C1, 20.12.2005. RU 2008135070 A, 10.03.2010. US 2010/0089157 A1, 15.04.2010. CN 101135563 A, 05.03.2008.**

Адрес для переписки:

**456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул. Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина", отдел интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову**

(72) Автор(ы):

**Панкратов Геннадий Александрович (RU),  
Перебатов Василий Николаевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

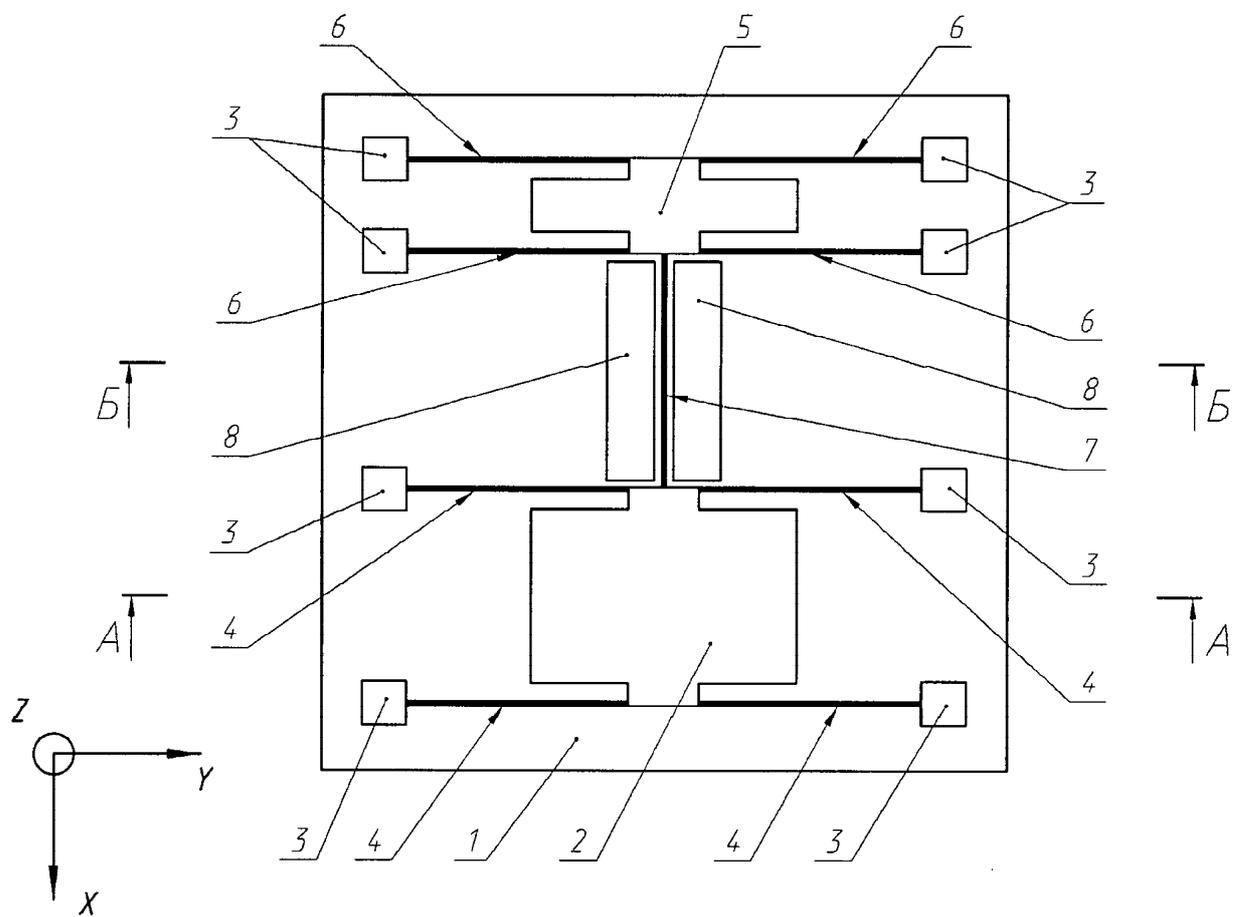
**Федеральное государственное унитарное предприятие "РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)**

**(54) ВИБРОЧАСТОТНЫЙ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике. Акселерометр содержит подложку (1) из диэлектрического материала, опорные элементы (3), неподвижно закрепленные на подложке (1), инерционную массу (2), расположенную с зазором относительно подложки (1) и связанную с опорными элементами (3) через упругие элементы подвеса (4). Дополнительная масса (5) с упругими элементами подвеса (6) расположена с зазором относительно подложки (1) и ее масса существенно меньше массы инерционной массы (2). Резонатор (7) расположен с зазором относительно подложки (1) и закреплен с одной стороны к инерционной массе (2), а с другой - к дополнительной массе (5). Система регистрации перемещений инерционной массы

выполнена в виде электростатической системы возбуждения - регистрации колебаний резонатора, которая содержит неподвижные электроды (8), закрепленные на подложке, и подвижный электрод, в качестве которого используется резонатор (7). Соотношение жесткостей упругих элементов подвеса инерционных масс в направлении, перпендикулярном подложке (1), описывается уравнением:  $C_1 \cong C_2 \cdot m_2 / m_1$ , где  $C_1$  и  $C_2$  - жесткости упругих элементов подвесов инерционной массы и дополнительной массы в направлении, перпендикулярном подложке, соответственно,  $m_1$  - масса инерционной массы;  $m_2$  - масса дополнительной массы. Изобретение обеспечивает повышение точности измерений. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01P 15/10* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2010126858/28, 30.06.2010

(24) Effective date for property rights:  
30.06.2010

Priority:

(22) Date of filing: 30.06.2010

(45) Date of publication: 20.02.2012 Bull. 5

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", otdel intellektual'noj  
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

**Pankratov Gennadij Aleksandrovich (RU),  
Perebatov Vasilij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ  
JaDERNYJ TsENTR - VSEROSIJSKIJ  
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT  
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA  
E.I. ZABABAKhINA" (RU)**

(54) **VIBRATION FREQUENCY MICROMECHANICAL ACCELEROMETER**

(57) Abstract:

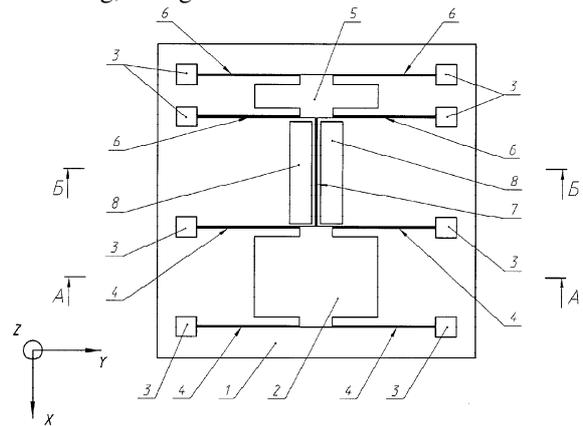
**FIELD:** measurement technology.

**SUBSTANCE:** accelerometer contains base plate (1) made of dielectric material, bearing elements (3) rigidly fixed on the support (1), inertia mass (2) located with the gap relative to base plate (1) and connected to the bearing elements (3) with elastic elements of the suspension (4). Additional mass (5) with elastic elements of the suspension (6) is located with the gap relative to the base plate (1) and its mass is significantly lesser than the mass of inertia mass (2). Vibrator (7) is located with the gap relative to the base (1) and is fixed on the one side to inertia mass (2) and on another side to additional mass (5). System for registration of inertia mass movements is made as electrostatic drive system - registering of vibrator oscillations that contains immovable electrodes (8) fixed on the base plate and moving electrode with vibrator using as such (7). The rigidity ratio of elastic elements of suspension of inertia mass in direction that is vertical relative to the base plate (1) is described

by the equation:  $C_1 \cong C_2 \bullet m_2 / m_1$ , where  $C_1$  and  $C_2$  are the rigidity of elastic elements of suspension of inertia mass and additional mass in direction that is vertical relative to the base plate, this  $m_1$  is the mass of inertia mass,  $m_2$  is the mass of additional mass.

**EFFECT:** increased precision of measurement.

1 dwg, 3 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 4 2 9 9 2 C 1

RU 2 4 4 2 9 9 2 C 1

Предлагаемое изобретение относится к области измерительной техники, а более конкретно к измерительным элементам линейного ускорения.

Из известных наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является микромеханический акселерометр [Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2007. - 400 стр., стр.23, рис.1.6], содержащий подложку (основание) из диэлектрического материала, два опорных элемента, закрепленных неподвижно на подложке и расположенных по краям подложки, инерционную массу, имеющую форму рамки с центральным стержнем, расположенную с зазором относительно подложки, связанную с опорными элементами через шесть упругих элементов подвеса, и систему измерения перемещения инерционной массы, содержащую подвижные электроды (электроды чувствительности) и неподвижные электроды (электроды возбуждения).

Подвижные электроды выполнены в виде штырей, закрепленных к стержневым элементам инерционной массы, а неподвижные электроды выполнены в виде штырей, закрепленных к подложке и расположенных с зазором относительно подвижных электродов. Для исключения возможных поломок упругих элементов при больших значениях ускорения в конструкции акселерометра предусмотрены две пары ограничителей.

Подвижные и неподвижные электроды образуют гребенчатые структуры, которые позволяют обеспечить необходимые значения изменения их емкостей при перемещениях инерционной массы, а при подаче переменного напряжения на неподвижные электроды имеется возможность измерять собственную частоту колебаний инерционной массы. При движении подложки с линейным ускорением вдоль оси чувствительности, которая расположена в плоскости подложки, на инерционную массу будут действовать силы инерции, которые вызовут изменение суммарной жесткости упругого подвеса, следовательно, будет изменяться собственная частота колебаний инерционной массы. По изменению собственной частоты колебаний инерционной массы можно судить о действующем ускорении.

Данный акселерометр позволяет измерять величину линейного ускорения вдоль оси чувствительности, расположенной в плоскости подложки.

Недостатком конструкции данного акселерометра является то, что при действии линейного ускорения в направлении, перпендикулярном подложке, возникнет перемещение инерционной массы, которое приведет к деформации упругого подвеса и изменению его суммарной жесткости, что в свою очередь внесет погрешность в измерение ускорения вдоль оси чувствительности.

Задача предлагаемого изобретения - увеличение точности измерения линейного ускорения в условиях воздействия боковых линейных ускорений.

Технический результат, достигнутый при осуществлении предлагаемого изобретения, заключается в уменьшении погрешности измерения при действии боковых ускорений.

Для увеличения точности измерения линейного ускорения в условиях воздействия боковых линейных ускорений в виброчастотный микромеханический акселерометр, содержащий подложку из диэлектрического материала, опорные элементы, закрепленные неподвижно на подложке, инерционную массу, расположенную с зазором относительно подложки и связанную с опорными элементами через упругие элементы подвеса инерционной массы, и систему измерения перемещения инерционной массы, содержащую подвижный и неподвижные электроды, согласно изобретению введены дополнительная масса, расположенная с зазором относительно подложки и

связанная с опорными элементами через упругие элементы подвеса дополнительной массы, резонатор, расположенный с зазором относительно подложки, с одной стороны закрепленный к инерционной массе, а с другой - к дополнительной массе, а система измерения перемещения инерционной массы выполнена в виде

5 электростатической системы возбуждения - регистрации колебаний резонатора, содержащей неподвижные электроды, закрепленные на подложке, и подвижный электрод, в качестве которого используется резонатор, при этом соотношение жесткостей подвеса инерционной массы и дополнительной массы в направлении,

10 перпендикулярном подложке, описывается уравнением:

$$C_1 \cong C_2 \cdot m_2 / m_1, \quad (1)$$

где  $C_1$  - жесткость упругих элементов подвеса инерционной массы в направлении, перпендикулярном подложке;

15  $C_2$  - жесткость упругих элементов подвеса дополнительной массы в направлении, перпендикулярном подложке;

$m_1$  - масса инерционной массы;

$m_2$  - масса дополнительной массы.

Введение в конструкцию предлагаемого акселерометра дополнительной массы, 20 расположенной с зазором относительно подложки и связанной с опорными элементами через упругие элементы подвеса дополнительной массы, и резонатора, расположенного с зазором относительно подложки, с одной стороны закрепленного к инерционной массе, а с другой - к дополнительной массе, и выполнение системы измерения перемещения инерционной массы в виде электростатической системы

25 возбуждения-регистрации колебаний резонатора, содержащей неподвижные электроды, закрепленные на подложке, и подвижный электрод, в качестве которого используется резонатор, при этом соотношение жесткостей подвеса инерционной массы и дополнительной массы в направлении, перпендикулярном подложке,

30 описывается уравнением (1), обеспечивает равномерное перемещение обоих концов резонатора при действии ускорения в направлении, перпендикулярном подложке, тем самым уменьшаются деформации резонатора от действия линейного ускорения в направлении, перпендикулярном подложке, и увеличивается точность измерения линейного ускорения вдоль оси чувствительности в условиях действия боковых

35 ускорений.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от прототипа, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

40 Новые признаки, которые содержит отличительная часть формулы изобретения, не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

Изобретение иллюстрируется чертежами.

45 На фиг.1 представлена конструкция предлагаемого виброчастотного микромеханического акселерометра.

На фиг.2 представлен разрез А-А на фиг.1 виброчастотного микромеханического акселерометра.

50 На фиг.3 представлен разрез Б-Б на фиг.1 виброчастотного микромеханического акселерометра.

Виброчастотный микромеханический акселерометр (фиг.1, 2, 3) содержит подложку 1, выполненную из диэлектрического материала, инерционную массу 2, расположенную с зазором относительно подложки 1, опорные элементы 3. Опорные

элементы 3 неподвижно закреплены на подложке 1. Инерционная масса 2 связана с опорными элементами 3 через четыре упругих элемента подвеса 4 инерционной массы 2 и выполнены прямоугольной формы в сечении. Дополнительная масса 5, масса которой существенно меньше массы инерционной массы 2, связана с опорными элементами 3 через четыре упругих элемента подвеса 6 дополнительной массы 5 и выполнены прямоугольной формы в сечении. Резонатор 7 выполнен прямоугольной формы в сечении, расположен с зазором относительно подложки 1 и закреплен с одной стороны к инерционной массе 2, а с другой стороны к дополнительной массе 5. Электростатическая система возбуждения-регистрации колебаний резонатора выполнена в виде дифференциального конденсатора и состоит из двух неподвижных электродов 8, закрепленных на подложке 1, между которыми расположен подвижный электрод, в качестве которого используется резонатор 7.

Размеры упругих элементов подвеса 4 и 6 выбраны таким образом, чтобы соотношение жесткостей упругих элементов подвеса инерционной массы 2 и дополнительной массы 5 в направлении, перпендикулярном подложке 1, описывалось уравнением (1).

Работает устройство следующим образом.

При подаче переменного напряжения между неподвижными электродами 9 электростатической системы возбуждения-регистрации колебаний резонатора и резонатором 7, между ними возникает электростатическое взаимодействие, что приводит за счет изгиба резонатора 7 к возникновению его колебаний в плоскости подложки 1 вдоль оси Y. Изменяя изменение емкостей между неподвижными электродами 8 и резонатором 7, определяется амплитуда колебаний резонатора 7. Частота переменного напряжения, подаваемого между неподвижными электродами 8 и резонатором 7, выбирается таким образом, чтобы амплитуда колебаний резонатора 7 была максимальной, то есть резонатор 7 совершал колебания в резонансе. При движении подложки 1 с линейным ускорением вдоль оси X на инерционную массу 2 и дополнительную массу 5 действуют силы инерции, которые вызывают их перемещение, причем перемещение дополнительной массы 5 существенно меньше перемещения инерционной массы 2, что в свою очередь вызывает натяжение (при действии линейного ускорения в направлении, противоположном оси X) или сжатие (при действии линейного ускорения в направлении оси X) резонатора 7. Натяжение или сжатие резонатора 7 приводит к изменению его резонансной частоты колебаний. Данное изменение резонансной частоты колебаний резонатора 7 характеризует величину действующего линейного ускорения.

Действие линейного ускорения в направлении, перпендикулярном подложке 1 (вдоль оси Z), вызовет перемещение инерционной массы 2 и дополнительной массы 6 вдоль оси Z. Величины перемещения инерционной массы 2 и дополнительной массы 5, при обеспечении условия (1), будут равны или близки друг к другу, поэтому резонатор 7 деформироваться не будет и, следовательно, не будет изменяться его резонансная частота.

Таким образом, предлагаемое устройство представляет собой виброчастотный микромеханический акселерометр, позволяющий измерять величину действующего линейного ускорения в направлении оси X и, по сравнению с аналогами, обеспечивающий повышение точности измерения линейного ускорения вдоль оси чувствительности в условиях действия линейного ускорения, перпендикулярного подложке.

Представленные данные свидетельствуют о выполнении при использовании

заявляемого изобретения следующей совокупности условий:

- средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, предназначено для использования в промышленности, а именно в измерительной технике для измерений линейного ускорения;

- для заявленного устройства в том виде, в котором оно охарактеризовано в независимом пункте формулы изобретения, подтверждена возможность его осуществления;

- средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, способно обеспечить повышение точности измерения линейного ускорения в условиях действия боковых линейных ускорений.

Следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию "промышленная применимость".

#### Формула изобретения

Виброчастотный микромеханический акселерометр, содержащий подложку из диэлектрического материала, опорные элементы, закрепленные неподвижно на подложке, инерционную массу, расположенную с зазором относительно подложки и связанную с опорными элементами через упругие элементы подвеса инерционной массы, и систему регистрации перемещений инерционной массы, содержащую подвижный и неподвижные электроды, отличающийся тем, что он снабжен дополнительной массой, расположенной с зазором относительно подложки и связанной с опорными элементами через упругие элементы подвеса дополнительной массы, резонатором, расположенным с зазором относительно подложки, с одной стороны закрепленным к инерционной массе, с другой - к дополнительной массе, а система регистрации перемещений инерционной массы выполнена в виде электростатической системы возбуждения - регистрации колебаний резонатора, содержащей неподвижные электроды, закрепленные на подложке, между которыми расположен подвижный электрод, в качестве которого используется резонатор, при этом соотношение жесткостей упругих элементов подвеса инерционной массы и дополнительной массы в направлении, перпендикулярном подложке, описывается уравнением:

$$C_1 \cong C_2 \cdot m_2 / m_1,$$

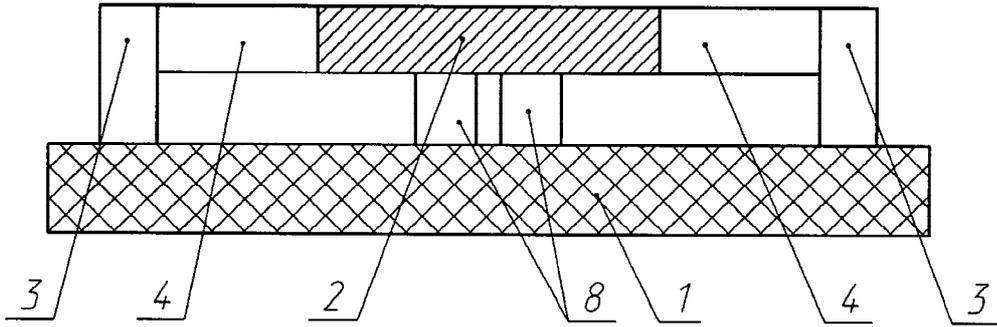
где  $C_1$  - жесткость упругих элементов подвеса инерционной массы в направлении, перпендикулярном подложке;

$C_2$  - жесткость упругих элементов подвеса дополнительной массы в направлении, перпендикулярном подложке;

$m_1$  - масса инерционной массы;

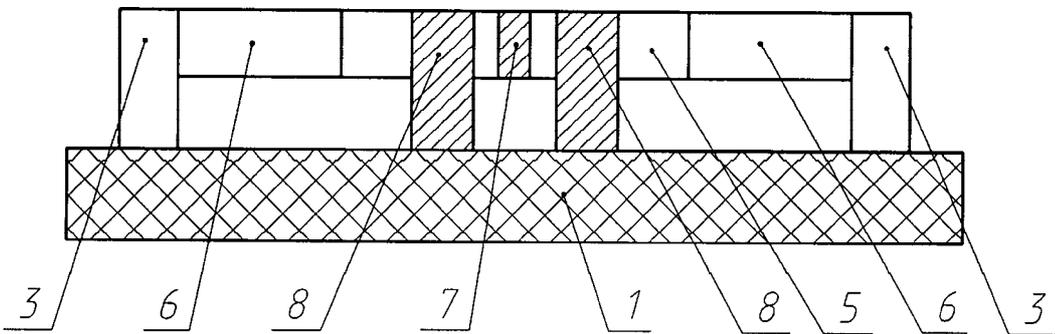
$m_2$  - масса дополнительной массы.

A-A



**Фиг. 2**

Б-Б



**Фиг. 3**