



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012102255/28, 23.01.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.01.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.01.2012

(45) Опубликовано: 10.10.2013 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Громов А.А., Ивашин Н.А., Соболев М.Д. Пьезоэлектрический датчик ускорения с повышенной устойчивостью к уходу нуля//Измерительная техника. - 2009, №3, стр.42-45. Янчич В.В. Пьезоэлектрические датчики вибрационного и ударного ускорения//Учеб. пособие. - Ростов-на-Дону: 2008, стр.1-77. SU 1040423 A1, 07.09.1983. WO 1993013426 A1, 08.07.1993.

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):

**Ивашин Никита Анатольевич (RU),  
Соболев Михаил Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

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

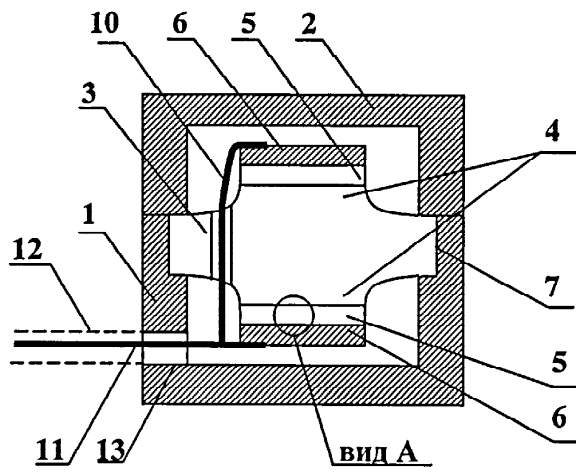
**(54) ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК УДАРНОГО УСКОРЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения пиковых ударных ускорений. Пьезоэлектрический датчик ударного ускорения содержит корпус, во внутренней полости которого закреплена опора, имеющая выступы в средней части, равноудаленные от сторон корпуса, на каждом из которых закреплены при помощи промежуточного клеевого слоя пьезоэлемент и инерционная масса. Клеевой слой содержит клей, каучук и

калиброванные проводящие частицы, а геометрический центр опоры совпадает с геометрическим центром корпуса. В клеевой слой введен графит, содержание которого не превышает 10%, а калиброванные частицы выполнены размером 20-80 мкм, при этом содержание каучука в клеевом слое составляет не менее 60%.

Техническим результатом изобретения является увеличение коэффициента преобразования и демпфирующих свойств датчика. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 9 5 4 3 8 C 1

RU 2 4 9 5 4 3 8 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012102255/28, 23.01.2012

(24) Effective date for property rights:  
23.01.2012

Priority:

(22) Date of filing: 23.01.2012

(45) Date of publication: 10.10.2013 Bull. 28

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):

Ivashin Nikita Anatol'evich (RU),  
Sobolev Mikhail Dmitrievich (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)

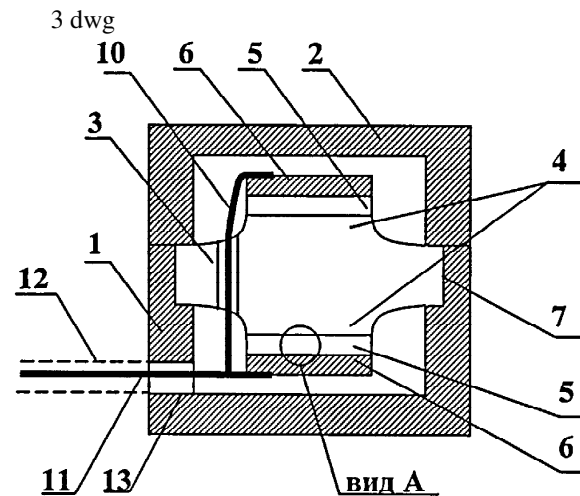
(54) **PIEZOELECTRIC SENSOR OF IMPACT ACCELERATION**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: piezoelectric sensor of impact acceleration includes a housing, in the inner cavity of which there fixed is a support having projections in middle part, which are located at equal distance from the housing sides, on each of which a piezoelement and inertia mass are fixed by means of an intermediate adhesive coat and inertia mass. Adhesive layer includes bonding material, rubber and calibrated conducting particles, and geometrical centre of support coincides with geometrical centre of the housing. Into the adhesive layer there added is graphite, the content of which does not exceed 10%, and calibrated particles have the size of 20-80 mcm; at that, rubber content in adhesive layer is at least 60%.

EFFECT: increasing conversion coefficient and damping properties of a sensor.



Фиг. 1

RU 2 4 9 5 4 3 8 C 1

RU 2 4 9 5 4 3 8 C 1

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения пиковых ударных ускорений.

Известен пьезоэлектрический акселерометр, содержащий корпус, в котором размещены пьезоэлемент и инерционная масса (Авторское свидетельство СССР №371517, G01P 15/09, 1973 г.). Пьезоэлемент расположен между инерционной массой и основанием корпуса, при этом пьезоэлемент размещен между двумя прокладками из материала, модуль упругости которого не превышает модуля упругости пьезоэлемента, например, латуни.

Данная конструкция обеспечивает достаточно высокое значение коэффициента преобразования и, как следствие, повышенную точность измерений.

Однако, из-за близкого расположения пьезоэлемента к основанию корпуса, в данном устройстве существует проблема большой деформационной чувствительности. Кроме того, при действии ускорения вдоль основной оси акселерометра от основания корпуса к инерционной массе и от инерционной массы к основанию корпуса возникает несимметричность коэффициента преобразования.

Наиболее близким является пьезоэлектрический датчик ударного ускорения, содержащий корпус, во внутренней полости которого закреплена опора, имеющая выступы в средней части, равноудаленные от сторон корпуса, на каждом из которых закреплены при помощи промежуточного клеевого слоя пьезоэлемент и инерционная масса, при этом клеевой слой содержит клей, каучук и калиброванные проводящие частицы, а геометрический центр опоры совпадает с геометрическим центром корпуса. Диаметр калиброванных проводящих частиц - 5-10 мкм («Пьезоэлектрический датчик ускорения с повышенной устойчивостью к уходу нуля», авторы: А.А. Громов, Н.А. Ивашин, М.Д. Соболев, «Измерительная техника», №3, 2009 г., с.42-45).

Данный датчик обладает небольшой деформационной чувствительностью из-за удаленного расположения опоры с пьезоэлементами от основания корпуса. Наличие двух пьезоэлементов, один из которых работает на сжатие, а другой - на растяжение, обеспечивает симметричность коэффициента преобразования при действии ускорения вдоль основной оси датчика от основания корпуса к крышке и от крышки к основанию корпуса.

Однако, при измерении интенсивных ударных ускорений, уровень демпфирования высокочастотных колебаний, приходящих на пьезоэлементы, недостаточен. Это может приводить к потере информации из-за явления «ухода нуля» - смещения нулевой линии выходного сигнала и ограничивает верхнюю границу диапазона измеряемых ускорений. Также данный датчик имеет сравнительно небольшой коэффициент преобразования, что ограничивает нижнюю границу диапазона измеряемых ускорений, и большое значение коэффициента влияния температуры на коэффициент преобразования, что снижает точность измерений.

Уменьшение погрешности измерения ускорения пьезоэлектрическим датчиком ускорения из-за шумов и наводок требует увеличения его коэффициента преобразования  $K_{пр}$ . А это достигается уменьшением модуля упругости  $E$  клеевого слоя и повышением толщины  $h$  клеевого слоя. Снижению погрешности измерения ускорения из-за деформационной чувствительности датчика способствует использование эластичного клеевого слоя, т.е. понижение  $E$  и повышение  $h$ .

Прочность клеевого слоя, обеспечивающая достижение максимального ускорения, является неоднозначной функцией  $E$  и  $h$ . С одной стороны, согласно статистической теории прочности, большая прочность малых образцов объясняется меньшей вероятностью нахождения в объеме наиболее опасных дефектов («Прочность и

долговечность клеевых соединений», А.С. Фрейдин, М.: Издательство «Химия», 1971 г., с.27). Поэтому повышение  $E$  и понижение  $h$  - благоприятное свойство для увеличения прочности клеевого слоя датчика и увеличения диапазона измеряемых ускорений.

5 С другой стороны, поскольку в ударном процессе имеется практически полный спектр частот, то прочность в существенной мере определяется также и коэффициентом динамичности  $Q$  (добротностью механической системы: инерционная масса-пьезоэлемент-опора), т.е. коэффициентом превышения амплитуды в  
10 резонансной области над амплитудой до резонанса. Для рассеяния механической энергии в клеевом слое в этом случае надо стремиться к понижению  $E$  и повышению  $h$ . Кроме того, прочность клеевого слоя зависит также от значения начальных механических напряжений  $\sigma_{нач}$  в клеевом слое, для снижения которых необходимо уменьшать  $E$  и увеличивать  $h$  («Измерение ударных ускорений», В.С. Пеллинец, М.:  
15 Издательство стандартов, 1975 г., с.185, «Прочность и долговечность клеевых соединений», А.С. Фрейдин, М.: Издательство «Химия», 1971 г., с.26-27). Последнее требование (снижение  $\sigma_{нач}$ ) способствует уменьшению вероятности появления погрешности из-за ухода нуля («Пьезоэлектрический датчик ускорения с повышенной  
20 устойчивостью к уходу нуля», авторы: А.А. Громов, Н.А. Ивашин, М.Д. Соболев, «Измерительная техника», №3, 2009 г., с.42-45).

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения - увеличение коэффициента преобразования и демпфирующих свойств датчика.

25 Задача, на решение которой направлено изобретение - повышение точности измерений и расширение диапазона измеряемых ускорений.

Указанный технический результат достигается тем, что в пьезоэлектрическом датчике ускорения, содержащем корпус, во внутренней полости которого закреплена  
30 опора, имеющая выступы в средней части, равноудаленные от сторон корпуса, на каждом из которых закреплены при помощи промежуточного клеевого слоя пьезоэлемент и инерционная масса, при этом клеевой слой содержит клей, каучук и калиброванные проводящие частицы, а геометрический центр опоры совпадает с  
35 геометрическим центром корпуса, особенность заключается в том, что в клеевой слой введен графит, содержание которого не превышает 10%, а калиброванные частицы выполнены размером 20-80 мкм, при этом содержание каучука в клеевом слое составляет не менее 60%.

Выполнив калиброванные проводящие частицы размером 20-80 мкм и введя в  
40 клеевой слой графит в количестве не более 10%, при этом количество каучука - не менее 60%, устранили проявления трибоэлектрического эффекта (искажения выходного сигнала датчика из-за электризации клеевого слоя). При этом уменьшили модуль упругости клеевого слоя примерно в 500 раз, что привело к увеличению его демпфирующих свойств и к увеличению коэффициента преобразования датчика  
45 примерно в 2 раза. Таким образом, решили задачу повышения точности измерений и смогли расширить диапазон измеряемых ускорений.

При проведении анализа уровня техники, включающего поиск по патентным и научно-техническим источникам информации, и выявлении источников, содержащих  
50 сведения об аналогах заявленного изобретения, не обнаружено аналогов, характеризующихся признаками, тождественными всем существенным признакам данного изобретения. Определение из перечня выявленных аналогов прототипа как наиболее близкого по совокупности существенных признаков аналога позволило

выявить совокупность существенных отличительных признаков от прототипа, изложенных в формуле изобретения.

Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «новизна».

5 Для проверки соответствия заявленного изобретения условию «изобретательский уровень» заявитель провел дополнительный поиск известных решений, чтобы выявить признаки, совпадающие с отличительными от прототипа признаками заявленного устройства. В результате поиска не выявлены технические решения с этими признаками. На этом основании можно сделать выводы о соответствии заявляемого  
10 изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг.1 изображена конструктивная схема датчика.

На фиг.2 изображен вид А на фиг.1.

На фиг.3 изображена зависимость коэффициента преобразования датчика от обратной величины модуля упругости  $E$  клеевого слоя при постоянном значении  
15 высоты клеевого слоя.

Пьезоэлектрический датчик ударных ускорений содержит корпус 1 с крышкой 2. Во внутренней полости корпуса 1 закреплена опора 3 с двумя выступами 4 в средней части. Выступы 4 равноудалены от сторон корпуса и содержат пьезоэлемент 5 и  
20 инерционную массу 6. Опора 3 установлена в кольцевом пазу 7 корпуса 1, при этом ее геометрический центр совпадает с геометрическим центром корпуса (фиг.1).

Пьезоэлемент 5 и инерционная масса 6 закреплены на каждом из выступов 4 при помощи промежуточного клеевого слоя 8 (фиг.2). Клеевой слой 8 содержит клей  
25 (например, эпоксидный), каучук, калиброванные проводящие частицы 9 размером 20-80 мкм и графит. При этом содержание графита не превышает 10%, а содержание каучука - не менее 60%.

Датчик снабжен токосъемником 10, соединяющим инерционные массы 6 кабелем 11, размещенным в экране 12 и соединенным с одной из инерционных масс 6. Экран 12  
30 электрически связан с опорой 3 через корпус 1. Кабель 11 выводится из корпуса 1 через отверстие 13 для подключения к аппаратуре, позволяющей зарегистрировать электрический сигнал (на фиг. не показано). Кабель 11 фиксируется в отверстии 13 с помощью эпоксидного клея. Опора 3 зажимается между корпусом 1 и крышкой 2 винтами (на фиг. не показано).

35 Устройство работает следующим образом. Перед началом работы проводят вулканизацию клеевого слоя при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  для того, чтобы избежать возможности ее неконтролируемого проявления во время работы датчика в условиях повышенной температуры, что может привести к изменению модуля упругости  
40 клеевого слоя и коэффициента преобразования датчика и, как следствие, к снижению точности измерений.

Датчик устанавливают на объекте испытаний клеевым способом, кабель 10 подсоединяют к регистрирующей аппаратуре (на фиг. не показано). При ускорении, действующем на объект испытаний перпендикулярно опоре 3 датчика, инерционные  
45 массы 6 перемещаются таким образом, что вызывают сжатие и растяжение пьезоэлементов 5. При этом пьезоэлементы вырабатывают электрический заряд, передающийся через опору 3, клеевой слой 8 с калиброванными проводящими частицами 9, инерционные массы 6, токосъемник 10, кабель 11, экран 12 к  
50 регистрирующей аппаратуре.

На предприятии были проведены испытания датчика при использовании различных составов клеевого слоя в соединении опора-пьезоэлемент-инерционная масса.

Проведенные исследования показали качественную зависимость  $K_{\text{пр}}$  датчика от

обратной величины  $E$  при постоянном значении  $h$  (фиг.3).

С уменьшением  $E$ , начиная с некоторого  $E_1$ ,  $K_{пр}$  заметно увеличивается и при  $E=E_2$  достигает максимальных относительных значений порядка 1,7-2,0, после чего практически перестает зависеть от  $E$ . В связи с тем, что модуль упругости эластичных материалов значительно меняется от температуры, на участке  $1/E_1 < 1/E < 1/E_2$  будут наблюдаться повышенные значения коэффициента влияния температуры  $k^\circ C$  на коэффициент преобразования  $K_{пр}$ . Однако при относительно малых значениях  $E$  (когда  $K_{пр}$  уже почти не зависит от  $E$ ),  $k^\circ C$  не превышает типовых значений, характерных для жесткого крепления пьезоэлемента к опоре, т.е. значений при  $1/E \rightarrow 0$ .

Преимущество изобретения состоит в том, что добились увеличения уровня ударного ускорения, после воздействия которого датчик сохраняет работоспособность, снижения коэффициента влияния температуры на коэффициент преобразования и деформационной чувствительности и, таким образом, повысили надежность и точность измерений.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о выполнении при использовании заявляемого изобретения следующей совокупности условий:

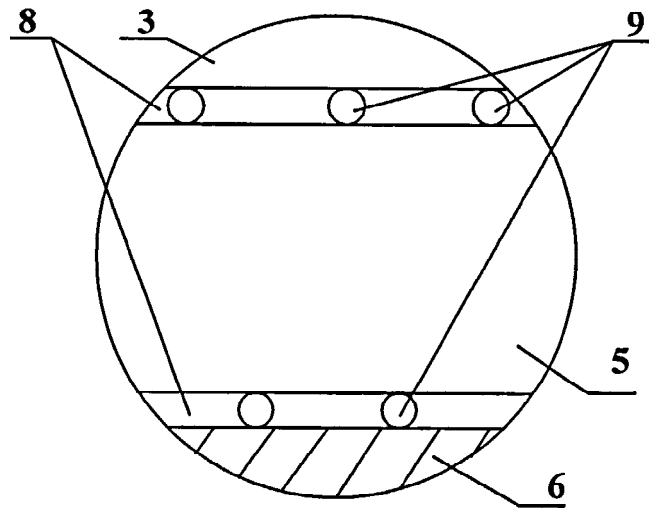
- средство, воплощающее заявленное устройство при его осуществлении, предназначено для использования в различных отраслях промышленности (в испытательных комплексах машиностроительных, автомобильных и авиакосмических производств, на атомных объектах и предприятиях ядерного цикла);
- для заявляемого устройства в том виде, в котором оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления.

Следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

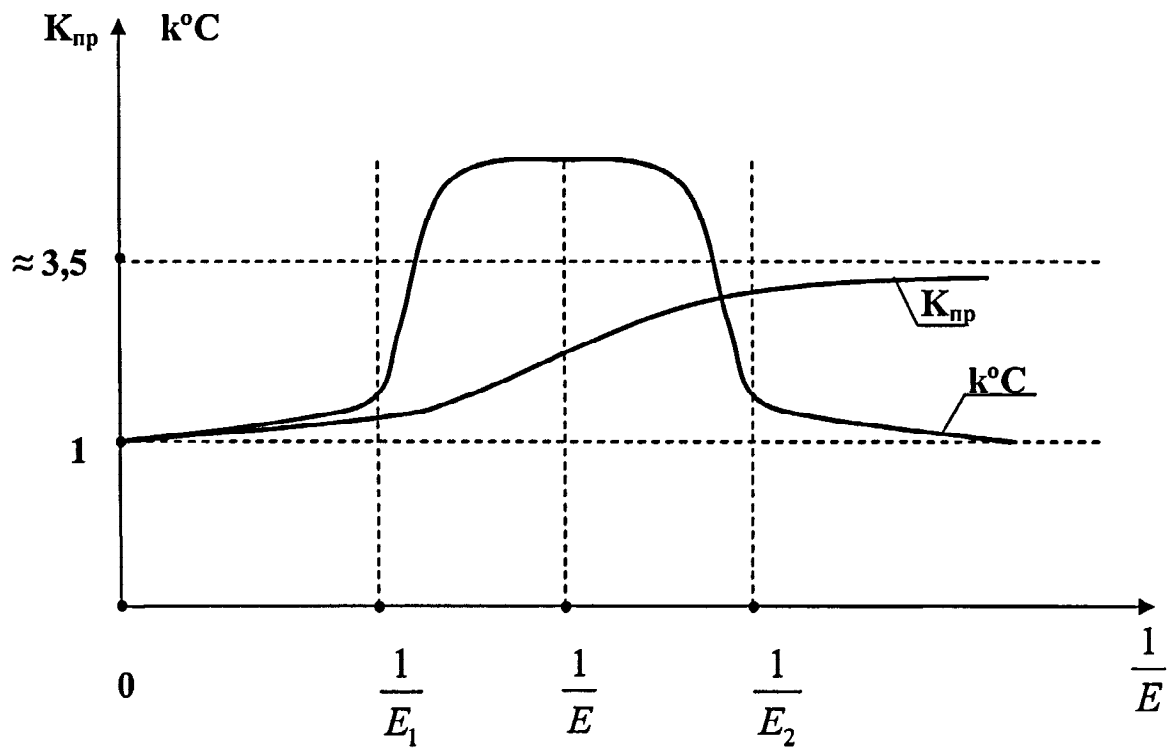
#### Формула изобретения

Пьезоэлектрический датчик ударного ускорения, содержащий корпус, во внутренней полости которого закреплена опора, имеющая выступы в средней части, равноудаленные от сторон корпуса, на каждом из которых закреплены при помощи промежуточного клеевого слоя пьезоэлемент и инерционная масса, при этом клеевой слой содержит клей, каучук и калиброванные проводящие частицы, а геометрический центр опоры совпадает с геометрическим центром корпуса, отличающийся тем, что в клеевой слой введен графит, содержание которого не превышает 10%, а калиброванные частицы выполнены размером 20-80 мкм, при этом содержание каучука в клеевом слое составляет не менее 60%.

ВИД А



Фиг. 2



Фиг. 3