

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 192953

МЭМС-АКСЕЛЕРОМЕТР

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *Козлов Алексей Сергеевич (RU), Лабковская Римма Яновна (RU), Ткалич Вера Леонидовна (RU), Пирожникова Ольга Игоревна (RU), Калинкина Мария Евгеньевна (RU)*

Заявка № 2018145664

Приоритет полезной модели 20 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 08 октября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 20 декабря 2028 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01C 19/56 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018145664, 20.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.12.2018

Дата регистрации:
08.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.12.2018

(45) Опубликовано: 08.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр.,
49, Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Козлов Алексей Сергеевич (RU),
Лабковская Римма Яновна (RU),
Ткалич Вера Леонидовна (RU),
Пирожникова Ольга Игоревна (RU),
Калинкина Мария Евгеньевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)

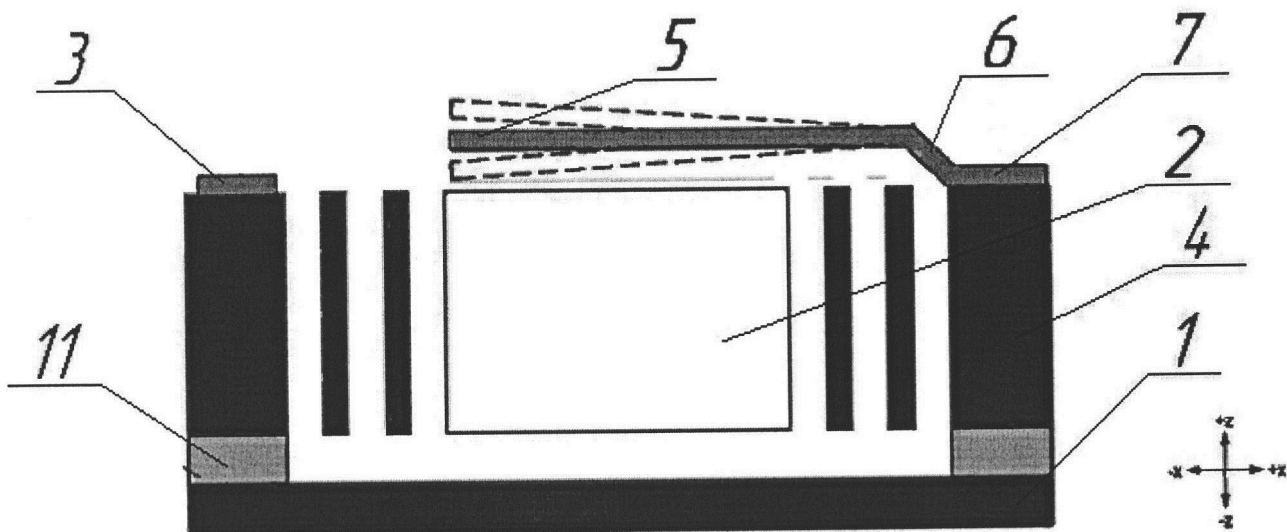
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6199874 B1, 13.03.2001. WO
2004072580 A1, 26.08.2004. EP 2887073 B1,
26.04.2017. EP 2762893 A1, 06.08.2014. RU
2653112 C2, 07.05.2018. RU 2649249 C1,
30.03.2018. RU 2573616 C1, 20.01.2016.

(54) МЭМС-АКСЕЛЕРОМЕТР

(57) Реферат:

Полезная модель относится к измерителям ускорения, применяемым, в частности, в инерциальных системах управления летательными аппаратами, а также в автомобильном производстве, мобильных телефонах и элементах компьютерной техники. Сущность: МЭМС-акселерометр, содержащий инерционную массу, кремниевое основание, корпус, защитную пластину, раму, выполненную из SiO₂, стойки с контактными металлическими электродами, металлическую пластину, выполняющую функции емкостной пластины упругого металлического

подвеса и анкера, металлические контактные площадки, зигзагообразные металлические упругие подвесы и анкер, отличающийся тем, что поверхность всех электропроводящих металлических элементов, а именно контактных электродов, контактных площадок, емкостной пластины, упругого подвеса и анкера, снабжены полностью регулярным микрорельефом (ПРМР) IV вида и наноструктурирована методом ионно-плазменной обработки. Технический результат заключается в повышении надежности МЭМС-акселерометра.



a)

RU 192953 U1

RU 192953 U1

Полезная модель относится к измерителям ускорения, применяемым, в частности, в инерциальных системах управления летательными аппаратами, а также в автомобильном производстве, мобильных телефонах и элементах компьютерной техники.

5 Известна конструкция многоосевого МЭМС-акселерометра, содержащая инерционный датчик, включающий инерционную массу, образованную параллельно плоскости $x-y$ слоя устройства, эта единственная масса, связана с единственным центральным анкером, предназначенным для обеспечения зависания массы над пластиной. Инерционный датчик дополнительно включает в себя первую и вторую
10 рамы с подвижными электродами, расположенными в плоскости $x-y$ слоя устройства на соответствующих первой и второй сторонах инерционного датчика, первая и вторая рамы с подвижными электродами симметричны относительно одиночного центрального анкера и каждый отдельно, включая центральную платформу и неподвижные электроды, установленные так, чтобы фиксировать центральную платформу на пластине, причем
15 анкеры для первой и второй рамок с подвижными электродами асимметричны относительно центральной платформы и расположены вдоль одиночного центрального неподвижного электрода (см. Acar et al. United State Patent 9,062,972: Mems multi-axis accelerometer electrode structure. June 23, 2015). Недостатком данной конструкции является низкая надежность и чувствительность.

20 Известен трехосный МЭМС-акселерометр с использованием емкостного принципа зондирования и способа его изготовления, емкостное измерение осуществляется между двумя электродными слоями. Один из электродных слоев имеет по меньшей мере четыре независимых электрода, расположенных в виде двух пар электродов, причем одна пара выровнена ортогонально по отношению к другой, так что может быть обнаружен
25 наклон мембраны, а также движение мембраны в перпендикулярном оси направлении. Таким образом, трехосный акселерометр может быть сформирован из одной инерционной массы и набора конденсаторных электродов, которые находятся в одной плоскости. Это означает, что изготовление является простым и совместимым с другими производственными процессами MEMS, такими как микрофоны MEMS. (см. Langereis
30 et al. United State Patent 8,686,519: MEMS accelerometer using capacitive sensing and production method thereof. April 1, 2014). Недостатком конструкции является низкая чувствительность, склонность к залипанию электродов.

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели по технической сути является конструкция трехосевого МЭМС-акселерометра, содержащая инерционную массу, кремниевое основание, корпус, защитную пластину, раму (SiO_2), стойки с контактными
35 металлическими электродами, металлическую пластину, выполняющую функции емкостной пластины упругого металлического подвеса и анкера, контактные площадки (в количестве 6 штук), зигзагообразные упругие подвесы (см. Wu et al. United State Patent 8,106,470: Triple-axis MEMS accelerometer. January 31, 2012). Недостатками прототипа
40 являются низкая чувствительность, склонность к залипанию электродов и пластин конденсатора.

Задача, решаемая предлагаемой полезной моделью, заключается в общей стабилизации электрических характеристик, снижении энергетических потерь при коммутации электропроводящих металлических элементов устройства (а именно
45 контактных электродов и контактных площадок) и стабилизации коэффициентов жесткости упругого металлического подвеса, соединяющего металлическую емкостную пластину с анкером.

Поставленная задача решается за счет достижения технического результата,

закключающегося в повышении надежности МЭМС-акселерометра.

Данный технический результат достигается тем, что МЭМС-акселерометр, содержащий инерционную массу, кремниевое основание, корпус, защитную пластину, раму, выполненную из SiO_2 , стойки с контактными металлическими электродами,

металлическую пластину, выполняющую функции емкостной пластины упругого металлического подвеса и анкера, металлические контактные площадки, зигзагообразные металлические упругие подвесы и анкер, новым является то, что поверхности всех электропроводящих металлических элементов, а именно контактных электродов, контактных площадок, емкостной пластины, упругого подвеса и анкера, снабжены полностью регулярным микрорельефом (ПРМР) IV вида и наноструктурирована методом ионно-плазменной обработки.

При совокупном использовании вышеперечисленных особенностей (наличие полностью регулярного микрорельефа и наноструктурированных контактных поверхностей проводников) в предлагаемой полезной модели МЭМС-акселерометра проявляются новые свойства, такие как стабильность контактного сопротивления, малая рассеиваемая мощность (низкие потери энергии), что приводит к повышению надежности МЭМС-акселерометра. Наличие полностью регулярного микрорельефа обеспечивает прогнозируемое и гарантированное число точек контакта в зоне контактирования электропроводящих металлических элементов. Наличие наноструктурированных контактных поверхностей гарантирует стабильность электрического сопротивления, повышение коррозионной стойкости.

Устройство МЭМС-акселерометра изображено на фиг. (а, б, в, г)

МЭМС-акселерометр, содержит полупроводниковое (кремниевое) основание 1, инерционную массу 2, контактные электроды 3, полупроводниковые кремниевые стойки 4, емкостную пластину 5, упругий металлический подвес 6, анкер 7, упругие зигзагообразные подвесы 8, контактные металлические площадки 9, защитную пластину 10, раму из диоксида кремния 11.

При этом поверхность всех электропроводящих металлических элементов (контактных площадок 9, контактных электродов 3, емкостной пластины 5, упругого металлического подвеса 6 и анкера 7) снабжена ПРМР IV вида и наноструктурирована методом ионно-плазменной обработки, что позволяет исключить спекание, залипание, искрение при коммутации электрических цепей, а также стабилизировать коэффициент жесткости упругого металлического подвеса, что улучшает его упругие свойства и предотвращает электростатическое залипание емкостной металлической пластины, особенно актуальное при малых (1...3 мкм) зазорах между емкостной пластиной и инерционной массой.

Устройство МЭМС-акселерометра работает следующим образом. При измерении ускорения данным устройством упругий металлический подвес 6, связанный с анкером 7, установленным на полупроводниковой стойке 4, изгибается и приводит к отклонению сваренной с ним с другого конца емкостной пластиной 5. Также при работе устройства в ходе измерения действующего на МЭМС-акселерометр ускорения, отклоняются и упругие зигзагообразные подвесы 8, связанные с контактными металлическими площадками 9.

Чувствительность осей x и y, расположенных в латеральном плане, обеспечивается формированием емкости между инерционной массой, присоединенной на упругих подвесах к раме, и участками под контактные площадки. Чувствительность же оси z не может быть обеспечена этими средствами, т.к. жесткость упругих подвесов оказывается слишком велика. Для решения этой проблемы вводиться единый

конструктивный элемент в виде металлической пластины, выполняющий функции емкостной пластины 5, упругого металлического подвеса 6 и анкера 7. При изменении ускорения в нормальном направлении емкостная пластина 5 отклоняется, в то время как инерционная масса 2 отклоняется весьма мало. Таким образом, в роли инерционной массы в этом случае выступает емкостная пластина, а инерционная масса выступает в роли емкостной пластины. Вся конструкция закрывается защитной пластиной 10.

Чувствительность данного акселерометра по трем осям достигается путем введения всего лишь незначительного дополнения в конструкцию, что выгодно отличает его от аналогичных акселерометров, представляющих собой набор отдельных однокомпонентных акселерометров, заключенных в единый корпус.

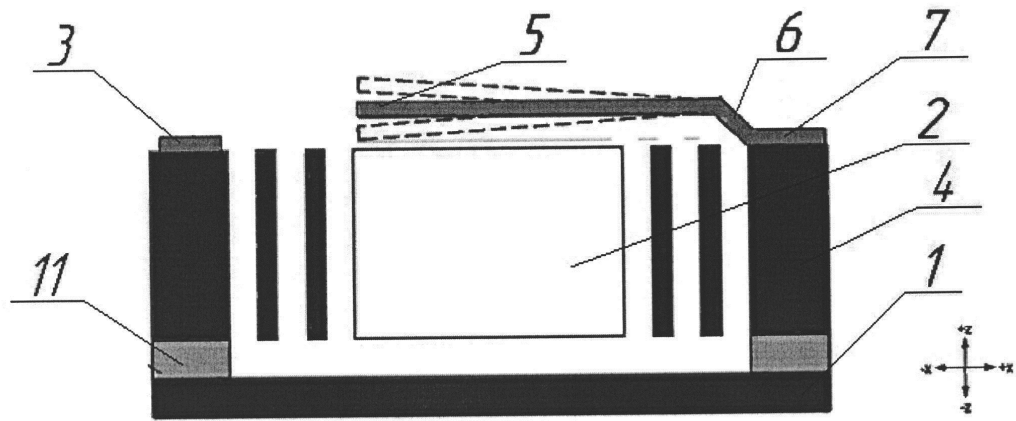
При ионно-плазменной обработке поверхности металлических коммутационных и упругих элементов происходит пропускание через них импульсных токов. Эти импульсные токи вызывают формирование в приповерхностной области данных металлических элементов наноразмерных слоев с заданными контактными свойствами.

В результате проведенных исследований удалось обеспечить такое электрофизическое условие разряда, при котором в приповерхностном слое металлических коммутационных и упругих элементов МЭМС-акселерометра формируются коррозионно- и эрозионно-устойчивые наноразмерные слои с высокой электропроводностью, что положительно влияет на надежность работы МЭМС-акселерометра.

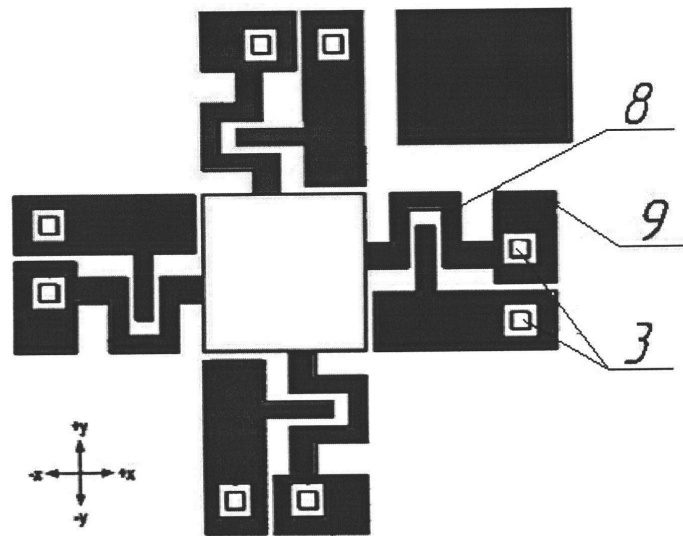
(57) Формула полезной модели

МЭМС-акселерометр, содержащий инерционную массу, кремниевое основание, корпус, защитную пластину, раму, выполненную из SiO_2 , стойки с контактными металлическими электродами, металлическую пластину, выполняющую функции емкостной пластины упругого металлического подвеса и анкера, металлические контактные площадки, зигзагообразные металлические упругие подвесы и анкер, отличающийся тем, что поверхность всех электропроводящих металлических элементов, а именно контактных электродов, контактных площадок, емкостной пластины, упругого подвеса и анкера, снабжены полностью регулярным микрорельефом (ПРМР) IV вида и наноструктурирована методом ионно-плазменной обработки.

1

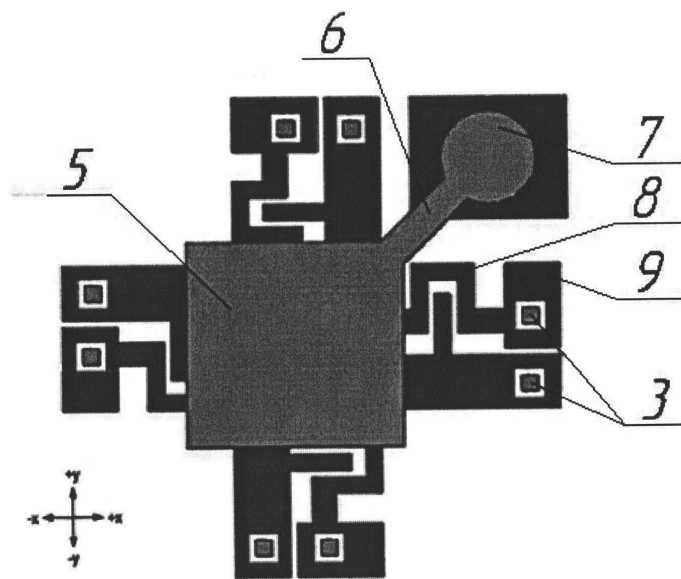


a)

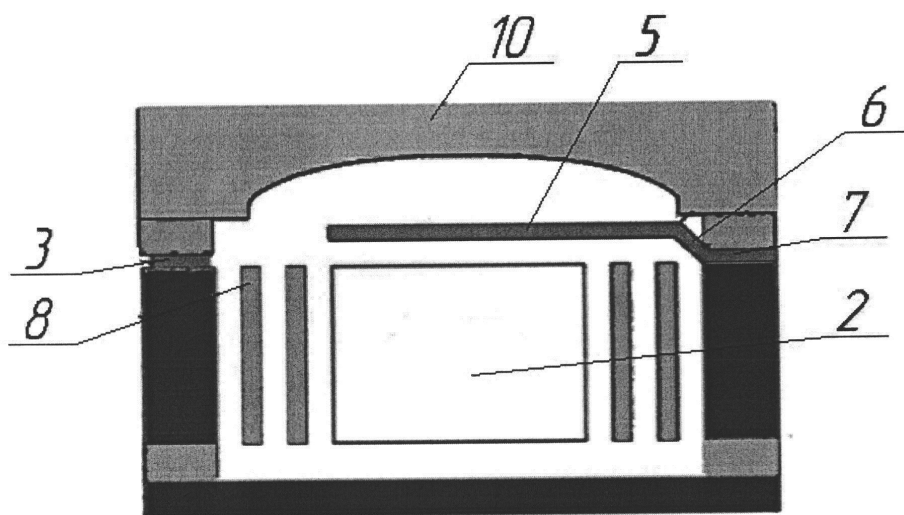


b)

2



В)



Г)