РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 181219

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

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), Шмаков Никита Андреевич (RU), Заколдаев Данил Анатольевич (RU)***

Заявка № **2018112631**

Приоритет полезной модели **06 апреля 2018 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **06 июля 2018 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **06 апреля 2028 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 181 219 (13) U1

(51) МПК
G01C 19/56 (2012.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01C 19/5621 (2006.01)

(21)(22) Заявка: **2018112631, 06.04.2018**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.04.2018

Дата регистрации:
06.07.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **06.04.2018**

(45) Опубликовано: **06.07.2018** Бюл. № **19**

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),
Шмаков Никита Андреевич (RU),
Заколдаев Данил Анатольевич (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: **RU 2222780 C1, 27.01.2004. WO 2004072580 A1, 26.08.2004. RU 2580871 C1, 10.04.2016. RU 173867 U1, 15.09.2017.**

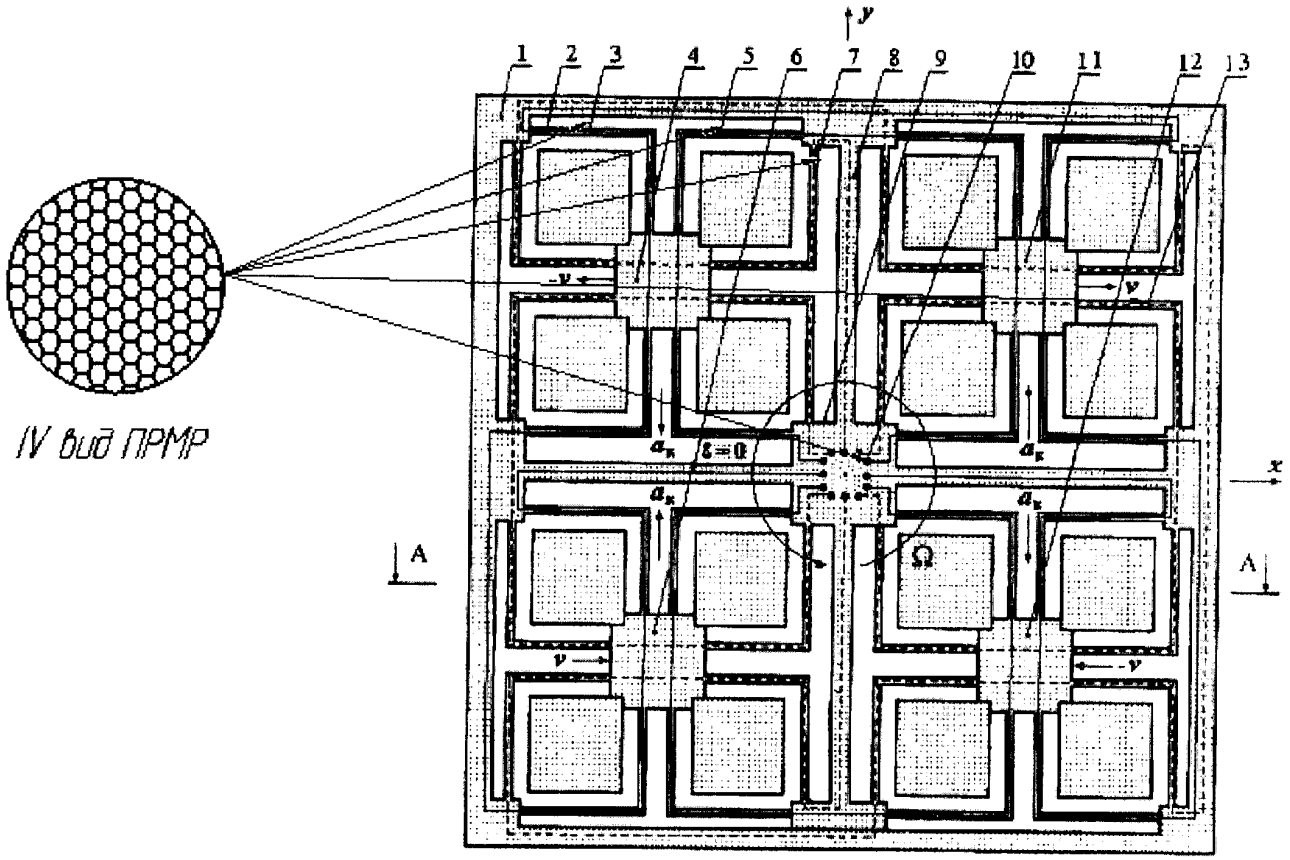
(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к измерительной технике и может применяться в интегральных гироскопах вибрационного типа. Повышение надежности и улучшение метрологических показателей чувствительного элемента микромеханического гироскопа достигается за счет снабжения контактных поверхностей полностью регулярным микрорельефом (ПРМР) IV вида и наноструктурированием методом ионно-плазменной обработки. 2 ил.

RU 181219 U1

RU 181219 U1



Фиг. 1

RU 181219 U1

RU 181219 U1

Полезная модель относится к измерительной технике и может применяться в интегральных гироскопах вибрационного типа.

Известен чувствительный элемент микроэлектромеханического гироскопа, содержащей четыре подвижных массы, выполненные на пластине кремния. Упругие подвесы подвижных масс расположены крестообразно и закреплены в точке пересечения на струне, вдоль которой действует измеряемая угловая скорость. Принудительные колебания подвижным массам задаются в плоскости пластины, причем направления движений осуществляются в попарно-противоположных направлениях. В результате колебаний механические напряжения в точке закрепления всегда равны нулю, что повышает добротность чувствительного элемента. Возникающие знакопеременные кориолисовы силы действуют на подвижные массы в направлении, перпендикулярном плоскости пластины (см. Yamashita; Mitsuhiro (Hirakata, JP), Esashi; Masayoshi (Sendai, JP). Angular rate sensor and acceleration sensor. US Patent №5952572, 14.09.1999, кл. G01C 19/56; G01P 15/125; G01P 15/08; G01P 009/00). Недостатком известного устройства является его низкая точность, обусловленная тем, что возбуждаемые колебания происходят в плоскости чувствительного элемента, а измерительные колебания перпендикулярно к этой плоскости, следовательно, трудно обеспечить условие резонансной настройки в обеих плоскостях колебаний, т.к. жесткости определяются разными технологическими факторами, а для многих материалов (например, кремний) и различными физическими свойствами, а также потерями в проводниках (металлических проводящих элементах).

Известен чувствительный элемент микромеханического гироскопа, содержащий основание, рамку, центр, соединенный двумя растяжками с рамкой, четыре подвижные массы и четыре упругих элемента, каждый из которых соединяет соответствующую подвижную массу с центром, при этом в устройство дополнительно введены две растяжки, соединяющие центр с рамкой и расположенные перпендикулярно к имеющимся четыре упругих элемента, каждый из которых соединяет соответствующую массу с центром, жестко соединенным с основанием, и четыре группы упругих элементов, каждая из которых состоит из шести упругих элементов, соединяющих соответствующую массу с рамкой, при этом все упругие элементы имеют Г-образную форму. Упругие подвесы имеют в сечении вытянутую форму, при этом своим вытянутым направлением сечение перпендикулярно плоскости подвижной массы. Электрические проводники проходят по одной из сторон подвесов и растяжек (см. Былинкин С.Ф., Вавилов В.Д., Миронов С.Г. Чувствительный элемент микромеханического гироскопа. Заявка на изобретение РФ №2002118648. 20.03.2004, кл. G01C 19/56; G01P 9/04). Недостатком изобретения является нестабильность электрического сопротивления и энергетические потери в проводниках (металлических проводящих элементах).

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели является конструкция чувствительного элемента микромеханического гироскопа, которая содержит основание с электропроводящими металлическими контактными площадками, рамку, центр, соединенный двумя растяжками с рамкой, четыре подвижные массы и четыре упругих подвеса, а также две растяжки, соединяющими центр с рамкой и расположенными перпендикулярно двум имеющимся растяжкам, четыре упругих подвеса, каждый из которых соединяет соответствующую массу с центром, жестко соединенным с основанием, и четыре группы упругих подвесов, каждая из которых состоит из шести упругих подвесов, соединяющих соответствующую массу с рамкой, при этом упругие подвесы имеют Г-образную форму и являются электропроводящими металлическими элементами с функцией проводников магнитоэлектрического преобразователя, проводников положительной обратной связи магнитоэлектрического генератора

возбуждения колебаний подвижной массы, проводников индукционного преобразователя перемещений, проводников магнитоэлектрического преобразователя отрицательной обратной связи по информационному каналу (см. Былинкин С.Ф., Вавилов В.Д., Миронов С.Г. Чувствительный элемент микромеханического гироскопа. Патент РФ №2222780. Бюл. №3, 27.01.2004, кл. G01C 19/56; G01P 9/04). Недостатком прототипа является то, что данная система закрепления требует тщательной балансировки чувствительного элемента, так как в процессе изготовления последнего из-за неоднородности травления, а также из-за неравнотолщинности монокристаллических пластин кремния, из которых изготавливаются чувствительные элементы микромеханических гироскопов, происходит разбаланс масс и возникает неоднородность жесткости подвесов соответствующих масс, что приводит к резкому снижению добротности системы. И только очень трудоемкая балансировка может позволить свести к нулю все нежелательные моменты.

Задача, решаемая предлагаемой полезной моделью, заключается в общей стабилизации электрических характеристик и снижении энергетических потерь при коммутации электропроводящих металлических элементов устройства (а именно проводников четырех типов назначения и двенадцати контактных площадок).

Поставленная задача решается за счет достижения технического результата, заключающегося в повышении надежности и улучшении метрологических показателей чувствительного элемента микромеханического гироскопа.

Данный технический результат достигается тем, что в чувствительном элементе микромеханического гироскопа, содержащем основание, рамку, центр, соединенный двумя растяжками с рамкой, четыре подвижные массы и четыре упругих подвеса, каждый их которых соединяет соответствующую подвижную массу с центром, при этом в устройство дополнительно введены две растяжки, соединяющие центр с рамкой и расположенные перпендикулярно двум имеющимся растяжкам, четыре упругих подвеса, каждый из которых соединяет соответствующую массу с центром, жестко соединенным с основанием, и четыре группы упругих подвесов, каждая из которых состоит из шести упругих подвесов, соединяющих соответствующую массу с рамкой, при этом все тридцать два упругих подвеса имеют Г-образную форму и являются электропроводящими металлическими элементами, выполняющими помимо роли упругих подвесов роль проводников четырех типов, а именно проводников магнитоэлектрического преобразователя, проводников положительной обратной связи магнитоэлектрического генератора возбуждения колебаний подвижной массы, проводников индукционного преобразователя перемещений, проводников магнитоэлектрического преобразователя отрицательной обратной связи по информационному каналу, также электропроводящими металлическими элементами чувствительного элемента микромеханического гироскопа являются двенадцать контактных площадок, новым является то, что поверхность всех электропроводящих металлических элементов снабжена 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 чувствительного элемента микромеханического гироскопа проявляются новые свойства, такие как стабильность контактного сопротивления, малая рассеиваемая мощность (низкие потери энергии), что приводит к повышению надежности и улучшению метрологических характеристик чувствительного элемента микромеханического гироскопа. 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 даже при высоких коммутируемых мощностях.

Устройство чувствительного элемента микромеханического гироскопа изображено на фиг. 1 (вид сверху) и фиг. 2 (в сечении по А-А). Устройство содержит внешнюю жесткую рамку 1, Г-образный упругий подвес (всего тридцать два подвеса) 2, проводник магнитоэлектрического преобразователя силы 3, первую подвижную массу 4, проводник положительной обратной связи магнитоэлектрического генератора возбуждения колебаний подвижной массы 5, четвертую подвижную массу 6, проводник индукционного преобразователя перемещений (на чертеже показан пунктиром) 7, несущую жесткую растяжку (всего четыре растяжки) 8, жесткий центр 9, контактную площадку (всего 12 контактных площадок) 10, вторую подвижную массу 11, третью подвижную массу 12, проводник магнитоэлектрического преобразователя отрицательной обратной связи по информационному каналу (на чертеже показан пунктиром) 13, полюс магнита 14, основание (стекло) 15.

Поверхностные слои проводников 3, 5, 7, 13 (всего 32 электропроводящих металлических элемента) и контактных площадок 10 (всего 12 электропроводящих металлических элементов) обладают новыми физико-химическими свойствами, отличными от свойств материала элементов в их внутреннем объеме, за счет регуляризации поверхностного слоя (ПРМР IV вида) и последующего наноструктурирования методом ионно-плазменной обработки.

Все четыре подвижные массы 4, 6, 11 и 12 являются одинаковыми, и каждая состоит из пяти квадратных пластин, как показано на фиг. 1. Подвижные массы выполнены как одно целое с внешней рамкой 1, жестким центром 8 и упругими подвесами 2 из пластины кремния, ориентированной в кристаллографической плоскости 100 (возможно также применение плоскости 110). Все тридцать два упругих подвеса являются одинаковыми, имеют большую жесткость в направлении, перпендикулярном плоскости чувствительного элемента (ось z), и малую жесткость в направлении осей x и y. В связи с этим подвижные массы 4, 6, 11 и 12 имеют возможность перемещаться только в плоскости пластины. Своей средней частью жесткий центр 8 крепит весь чувствительный элемент к неподвижному основанию 15 прибора.

На одной из сторон упругих подвесов 2 выполнены проводники 5 положительной обратной связи и проводники 3 преобразователя силы, а на противоположные стороны других упругих подвесов 2 нанесены аналогичные проводники 7 съема информации и проводники 13 отрицательной обратной связи, расположенные под прямым углом к проводникам 3 и 5 первой стороны подвесов 2. Чувствительный элемент в сборе размещается в магнитной системе параллельно полюсам 14 постоянного магнита (см. фиг. 2).

Чувствительный элемент микромеханического гироскопа работает следующим образом. Пусть на проводник 3 магнитоэлектрического преобразователя силы подан положительный импульс с генератора возбуждения. Силовые проводники 3, находящиеся в однородном магнитном поле, расположены на подвижных массах 4, 6, 11 и 12 так (см. фиг. 1), что первая масса 4 перемещается в отрицательном направлении оси x, вторая масса 11 и четвертая 6 - положительном и третья 12 - отрицательном направлении. При смене знака импульса в проводниках 3 направление движения подвижных масс 4, 6, 11 и 12 меняется на противоположное, таким образом, подвижные массы 4, 6, 11 и 12 приводятся в принудительные колебания на резонансной частоте. Все четыре

подвижные массы 4, 6, 11 и 12 и их упругие подвесы 2 выполнены одинаковыми, поэтому амплитуды колебаний каждой отдельной массы равны между собой.

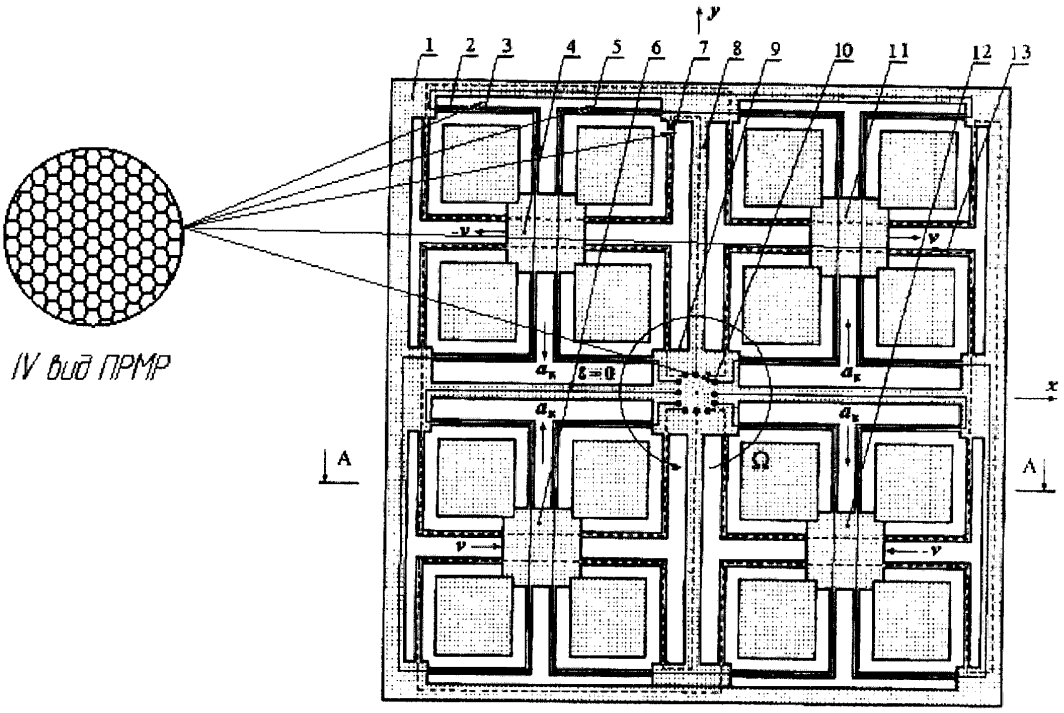
Таким образом, поверхность электропроводящих металлических элементов чувствительного элемента микромеханического гироскопа, снабженная ПРМР IV вида и наноструктурированная методом ионно-плазменной обработки позволяет стабилизировать ток в силовом проводнике 3, электродвижущую силу в проводнике 5, снизить сопротивление в проводнике 7, увеличить и стабилизировать ток в проводнике информационного канала 13, а также обеспечить надежную коммутацию через двенадцать контактных площадок 10, что приводит к повышению надежности и улучшению метрологических характеристик чувствительного элемента микромеханического гироскопа.

(57) Формула полезной модели

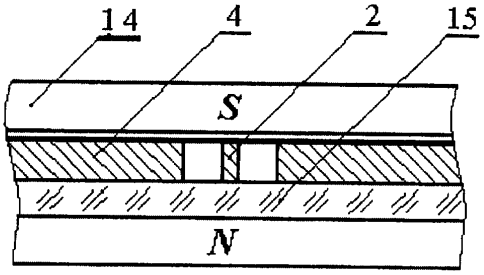
Чувствительный элемент микромеханического гироскопа, содержащий основание с электропроводящими металлическими контактными площадками, рамку, центр, соединенный двумя растяжками с рамкой, четыре подвижные массы и четыре упругих подвеса, а также две растяжки, соединяющие центр с рамкой и расположенные перпендикулярно двум имеющимся растяжкам, четыре упругих подвеса, каждый из которых соединяет соответствующую массу с центром, жестко соединенным с основанием, и четыре группы упругих подвесов, каждая из которых состоит из шести упругих подвесов, соединяющих соответствующую массу с рамкой, при этом упругие подвесы имеют Г-образную форму и являются электропроводящими металлическими элементами с функцией проводников магнитоэлектрического преобразователя, проводников положительной обратной связи магнитоэлектрического генератора возбуждения колебаний подвижной массы, проводников индукционного преобразователя перемещений, проводников магнитоэлектрического преобразователя отрицательной обратной связи по информационному каналу, отличающийся тем, что поверхность всех электропроводящих металлических элементов снабжена полностью регулярным микрорельефом (ПРМР) IV вида и наноструктурирована методом ионно-плазменной обработки.

1

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА



Фиг. 1



Фиг. 2