

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 192957

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРЕЦИЗИОННОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

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 № 2018145666

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

G01L 9/04 (2019.05); B82Y 40/00 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018145666, 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)

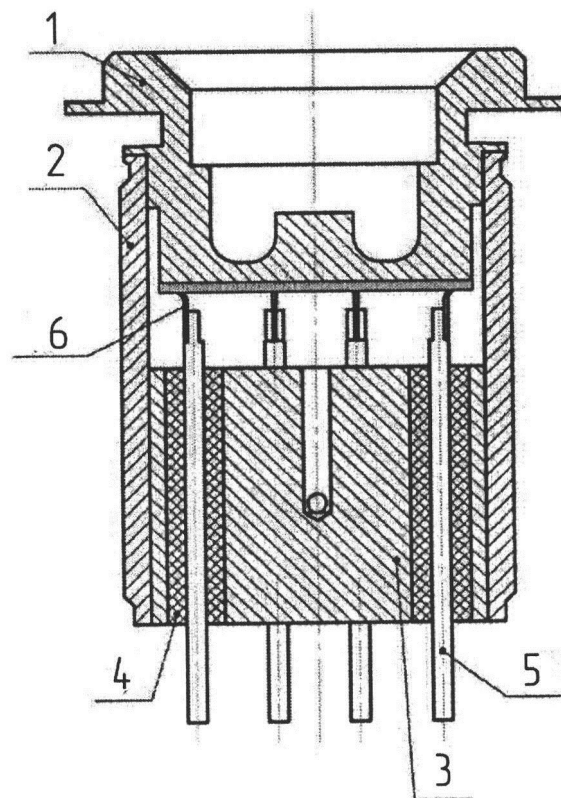
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2092801 C1, 10.10.1997. RU 120139
U1, 10.09.2012. WO 2017072261 A1, 04.05.2017.
US 20180335359 A1, 22.11.2018. US 20180172532
A1, 21.06.2018. US 20170016787 A9, 19.01.2017.

(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРЕЦИЗИОННОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к измерительной технике и может быть использована для прецизионных измерений давления жидкости и газообразной среды с помощью датчика давления на основе нано- и микроэлектромеханических систем. Сущность: чувствительный элемент нано- и микроэлектромеханического модуля прецизионного датчика давления, состоящий из упругого элемента в виде мембран с жестким центром, заделанной по контуру в опорное основание модуля, с образованной на ее

планарной стороне гетерогенной структурой из тонких пленок материалов, отличающийся тем, что поверхности упругого элемента в виде мембраны с жестким центром снабжены полностью регулярным микрорельефом IV вида (ПРМР IV вида) и наноструктурирования ее методом ионно-плазменной обработки. Технический результат заключается в улучшении метрологических характеристик и повышении чувствительности.



Фиг. 1

Полезная модель относится к измерительной технике и может быть использована для прецизионных измерений давления жидкости и газообразной среды с помощью датчика давления на основе нано- и микроэлектромеханических систем.

Известен датчик давления, содержащий корпус, установленную в нем нано- и микроэлектромеханическую систему, состоящую из упругого элемента - мембраны с жестким центром, заделанную по контуру с образованной на ней гетерогенной структурой из тонких пленок материалов, герметизирующей контактной колодки с соединительными проводниками, в которой сформированные в гетерогенной структуре тензорезисторы, установленные по дуге окружности и в радиальном направлении, состоят из идентичных тензоэлементов в форме квадратов, соединенных тонкопленочными перемычками, включенными в измерительный мост, при этом центры окружных и радиальных тензоэлементов размещены по окружности (см. Белозубое Е.М., Васильев В.А., Чернов П.С. Патент РФ №2398195, Бюл. №24, 27.08.2010, кл. G01L 9/04, B82B 3/00). Недостатком данной полезной модели является появляющаяся погрешность от нелинейности, которая может достигать 0,06%.

Известен тонкопленочный датчик давления, содержащий корпус, круглую мембрану с периферийным основанием, по которому мембрана закреплена в корпусе, соединенные перемычками из низкоомного материала и включенные в измерительный мост тензорезисторы, выполненные в виде соединенных перемычек одинакового количества имеющих одинаковую форму тензоэлементов, расположенных по окружности на мембране, причем радиальные тензоэлементы, включенные в два противоположных плеча измерительного моста, расположены на периферии мембраны, а одна из перемычек, соединяющих тензорезисторы, имеет две контактные площадки, соединенные резистивной полосой, отдельные участки которой закорочены дополнительными перемычками (см. Белозубов Е.М., Белозубова Н.Е. Патент РФ №2345341, Бюл. №3, 27.01.2009, кл. G01L 9/04, G01L 7/08). Недостатком конструкции является низкая чувствительность, склонность к залипанию электродов.

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели по технической сути является конструкция датчика давления на основе нано- и микроэлектромеханической системы, содержащего корпус, установленную в нем нано- и микроэлектромеханическую систему, состоящую из упругого элемента в виде мембраны с жестким центром, заделанной по контуру в опорное основание, образованной на ней гетерогенной структуры из тонких пленок материалов, герметизирующей контактной колодки и соединительных проводников, в которой сформированы в гетерогенной структуре радиальные тензорезисторы (см. Белозубов Е.М., Васильев В.А., Хованов Д.М., Чернов П.С. Патент РФ №2516375, Бюл. №14, 20.05.2014, кл. G01L 9/04, B81B 3/00). Недостатками прототипа являются низкая метрологическая надежность и чувствительность.

Задача, решаемая предлагаемой полезной моделью, заключается в улучшении метрологических характеристик и повышении чувствительности.

Поставленная задача решается за счет достижения технического результата, заключающегося в повышении чувствительности и виброустойчивости упругого элемента в виде мембраны с жестким центром, устранении эффектов нелинейности измерительной цепи и стабилизации коэффициентов жесткости при прогибе мембраны, что обусловлено наличием полностью регулярного микрорельефа IV вида (ПРМР IV вида) планарной поверхности упругого элемента и ее наноструктурированием методом ионно-плазменной обработки.

Данный технический результат достигается за счет того, что в чувствительном элементе нано- и микроэлектромеханических систем прецизионного датчика давления,

состоящим из упругого элемента в виде мембраны с жестким центром, заделанной по контуру в опорное основание модуля, с образованной на ее планарной стороне гетерогенной структурой из тонких пленок материалов, новым является то, что поверхности упругого элемента в виде мембраны с жестким центром снабжены

5 полностью регулярным микрорельефом IV вида (ПРМР IV вида) и наноструктурированы методом ионно-плазменной обработки.

Упругий элемент датчика содержит мембрану толщиной ~0,25 мм (0,2, 0,3 мм) с жестким центром, заделанную по контуру в опорное основание нано- и микроэлектромеханической системы, которая представляет собой конструктивно

10 законченный герметичный модуль, обеспечивающий высокую технологичность сборки датчика давления. Тензорезисторы сформированы в гетерогенной структуре, которая образуется на заранее подготовленной поверхности мембраны. Важным является то, что высота микронеровностей на поверхности мембраны не должна превышать 50-100 нм, так как при высоте микронеровностей более 100 нм становится принципиально

15 невозможно формирование устойчивых тонкопленочных структур на поверхности упругого элемента. Предлагаемый регулярный микрорельеф (ПРМР IV вида) поверхности упругого элемента и наноструктурирование ее методом ионно-плазменной обработки позволяют обеспечить стабильную высоту микронеровностей поверхности мембраны, не превышающую 20 нм (это высота радиусов регулярного рельефа),

20 благодаря чему гарантированно обеспечивается формирование устойчивых тонкопленочных гетерогенных структур на планарной поверхности упругого элемента.

Гетерогенная структура состоит из подслоя диэлектрика (к примеру, хром - Cr толщиной от 150 до 300 нм), диэлектрического слоя (например, SiO-SiO₂), тензорезистивного слоя (например, сплав X20H75Ю толщиной 40-100 нм), подслоя

25 проводников (например, ванадий - V), проводников и контактных площадок (к примеру, золото - Au).

Кроме того, наличие полностью регулярного микрорельефа (ПРМР IV вида) поверхности упругого элемента надежно обеспечивает стабильность коэффициентов жесткости упругого элемента при деформационных прогибах мембраны, что также

30 способствует повышению метрологической надежности, чувствительности и виброустойчивости чувствительного элемента датчика давления.

Таким образом, совокупное использование вышеперечисленных особенностей (наличие полностью регулярного микрорельефа поверхностей мембранного упругого элемента и их наноструктурирование методом ионно-плазменной обработки) приводит

35 к появлению новых свойств: улучшению процесса формирования гетерогенных структур на поверхности мембраны и стабилизации коэффициентов жесткости, а также повышению виброустойчивости упругого элемента при прогибе, что позволяет повысить метрологическую надежность чувствительного элемента датчика давления.

На фиг. 1 изображена нано- и микроэлектромеханическая система модуля

40 прецизионного датчика давления.

Нано- и микроэлектромеханическая система модуля прецизионного датчика давления, состоящая из упругого элемента 1, герметизирующей втулки 2, контактной колодки 3, диэлектрической втулки 4, выводных колодок 5 и соединительных проводников 6.

На фиг. 2 изображен упругий элемент.

45 Упругий элемент 1, который содержит мембрану 7 с жестким центром 8, заделанную по контуру в опорное основание 9. На планарной стороне мембраны 7 методом тонкопленочной технологии образована гетерогенная структура 10 из нано- и микроразмерных пленок материалов, содержащая, например тонкопленочные,

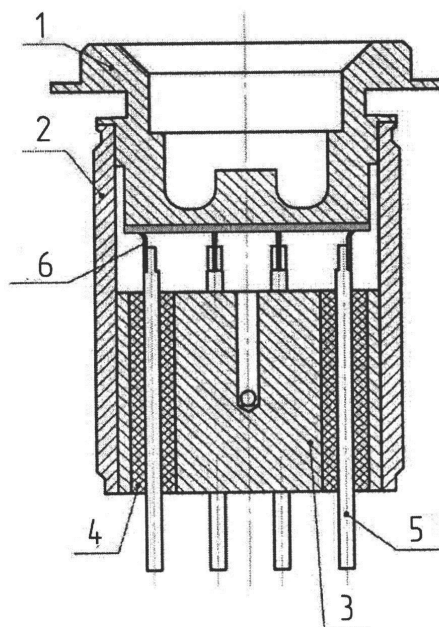
диэлектрические, тензорезистивные и контактные слои.

Чувствительный элемент нано- и микромеханического модуля прецизионного датчика давления работает следующим образом. Измеряемое давление воздействует на мембрану 7 с жестким центром 8 со стороны, противоположной ее планарной стороне, на которой сформирована гетерогенная структура 10 из нано- и микроразмерных пленок материалов. Под действием давления мембрана 7 изгибается. При этом на планарной стороне мембраны 7 возникают радиальные напряжения и деформации, которые воспринимаются тензорезисторами. Тензорезисторы сформированы в гетерогенной структуре 10 и расположены на специально обработанной планарной поверхности мембраны 7, снабженной полностью регулярным микрорельефом (ПРМР IV вида) и наноструктурированной методом ионно-плазменной обработки.

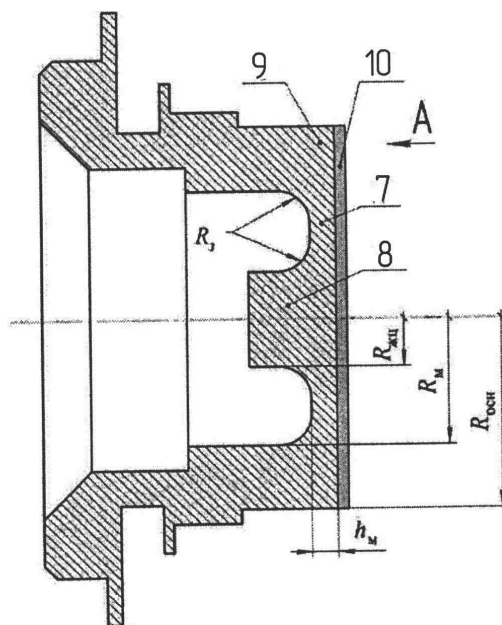
Тензорезисторы включены в мостовую измерительную цепь. Измерение сопротивлений тензорезисторов при действии давления и прогибе мембраны преобразуется мостовой измерительной цепью в выходной сигнал.

(57) Формула полезной модели

Чувствительный элемент нано- и микроэлектромеханического модуля прецизионного датчика давления, состоящий из упругого элемента в виде мембраны с жестким центром, заделанной по контуру в опорное основание модуля, с образованной на ее планарной стороне гетерогенной структурой из тонких пленок материалов, отличающийся тем, что поверхности упругого элемента в виде мембраны с жестким центром снабжены полностью регулярным микрорельефом IV вида (ПРМР IV вида) и наноструктурированы методом ионно-плазменной обработки.



Фиг. 1



Фиг. 2