



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016134864, 26.08.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.08.2016Дата регистрации:
06.06.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.08.2016

(45) Опубликовано: 06.06.2017 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

119526, Москва, пр-т Вернадского, 101, корп. 1,
ИПМех РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Болотник Николай Николаевич (RU),
Градецкий Валерий Георгиевич (RU),
Жуков Андрей Александрович (RU),
Смирнов Игорь Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем
механики им. А.Ю. Ишлинского Российской
академии наук (ИПМех РАН) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Н.Н. Болотник, В.Г. Градецкий,
Д.В. Козлов, И.П. Смирнов, В.Г. Чащухин,
Физические характеристики
чувствительных элементов датчиков
обратной связи, совмещенных с
термомеханическими актюаторами, для
систем управления микроперемещением
объектов, Робототехника, Известия РАН.
Теория и Системы управления, N 1, с.
144-155, 2015. Д.В. Козлов, И.П. (см. прод.)

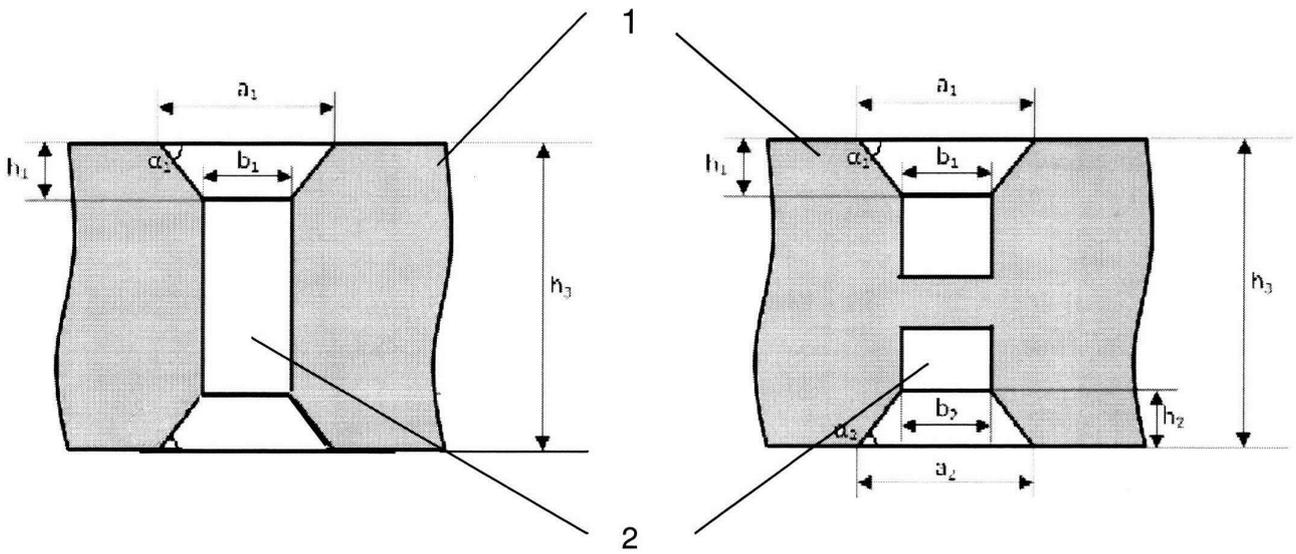
(54) Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем

(57) Реферат:

Использование: для создания систем,
обеспечивающих микроперемещения. Сущность
изобретения заключается в том, что кремниво-
полиимидное гибкое сочленение для микросистем
содержит соединяемые полиимидной вставкойкремниевые элементы, при этом в кремниевых
элементах выполнены отверстия, заполненные
материалом полиимидной вставки. Технический
результат: обеспечение возможности повышения
надежности сочленения. 4 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 621 465 C1

RU 2 621 465 C1



Фиг. 1

(56) (продолжение):

Смирнов, А.А. Жуков, В.А. Шахнов, Экспериментальное исследование силовых характеристик рабочего элемента тепловых микроактюаторов, Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение, N 2, 2011. JP 2005081533 A, 31.03.2005. JP 2000246676 A, 12.09.2000. US 8184351 B2, 22.05.2012.

RU 2 6 2 1 4 6 5 C 1

RU 2 6 2 1 4 6 5 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2016134864, 26.08.2016

(24) Effective date for property rights:
26.08.2016

Registration date:
06.06.2017

Priority:

(22) Date of filing: 26.08.2016

(45) Date of publication: 06.06.2017 Bull. № 16

Mail address:

119526, Moskva, pr-t Vernadskogo, 101, korp. 1,
IPMekh RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):

**Bolotnik Nikolaj Nikolaevich (RU),
Gradetskij Valerij Georgievich (RU),
Zhukov Andrej Aleksandrovich (RU),
Smirnov Igor Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut problem mekhaniki
im. A.YU. Ishlinskogo Rossijskoj akademii nauk
(IPMekh RAN) (RU)**

(54) **SILICON-POLYIMIDE FLEXIBLE MIXING FOR MICROSYSTEMS**

(57) Abstract:

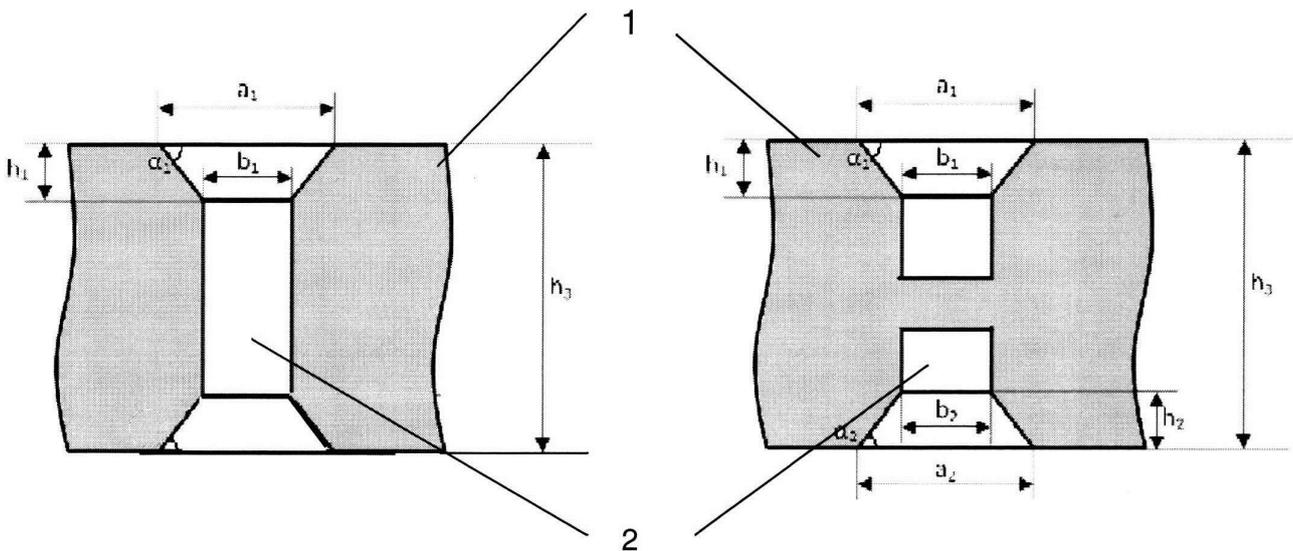
FIELD: physics.

SUBSTANCE: silicon-polyimide flexible joint for microsystems contains silicon elements connected by polyimide insert, with holes made of polyimide insert

material in silicon elements.

EFFECT: providing the possibility of increasing the reliability of the joint.

5 cl, 5 dwg



Фиг. 1

RU 2 621 465 C1

RU 2 621 465 C1

Изобретение относится к области микроэлектроники - устройствам микросистемной техники, выполненным по технологиям микрообработки, и может быть использовано при создании систем, обеспечивающих микроперемещения, например микророботов.

Известен тепловой биморфный микроактюатор, выполненный в виде сформированной в мезаструктуре упругошарнирной консольной балки, состоящей из параллельных вставок одинаковой ширины из монокристаллического кремния, соединенных полимерными прослойками, образованными пленкой на основе эпоксидной композиции, слоя алюминиевого нагревателя и металлизации (Wei, T. Chu Due, G.K. Lau, P.M. Sarro, Novel electrothermal bimorph actuator for large out-of-plane displacement and force, IEEE MEMS 2008, Tucson, Arizona, USA, Jan 13-17, 2008, pp. 46-49 [1]).

Недостатками известного технического решения являются низкая надежность при функционировании микроактюатора в широком диапазоне температур из-за недостаточной адгезионной прочности на межфазных границах раздела и резкого снижения прочности эпоксидного полимера при температурах жидкого азота и повышенных температурах, малые углы отклонения и развиваемые усилия, сильно зависящие от конструкционной жесткости балки, что ограничивает области применения микроактюатора.

Известен полупроводниковый микропривод, который состоит из полупроводниковой подложки - основания и подвешенного внутри сформированного в ней проема подвеса, соединенного четырьмя подвижными сочленениями с основанием. Сочленения выполнены из кремниевых пластин и полиимида (JP 2000246676 [2]).

Недостатком известного устройства является его относительно низкая надежность при многоцикловом изгибе, обусловленная потерей адгезии. Потеря адгезии соединения «полиимид - кремний» при многоцикловом изгибе происходит из-за способности кремния быстро окисляться с образованием на поверхности слоя диоксида кремния, который имеет низкую адгезию с полиимидом. Недостаточные прочностные свойства полиимидной несущей пленки, приводящие к быстрой деградации полиимидного слоя при многоцикловом изгибе, также являются ограничением при изготовлении такого рода устройств.

Наиболее близким к заявляемому кремниевополиимидному гибкому сочленению для микросистем по своей конструкции является кремниевополиимидное гибкое сочленение для микросистем, содержащее соединяемые полиимидной вставкой кремниевые элементы (Козлов Д.В., Смирнов И.П. Материалы XV Международной научно-практической конференции (20.11.2014) «Техника и технология: новые перспективы развития», Изд-во «Спутник+», 2014 г., с. 181-182 [3]).

Недостатком известного устройства, как и в предыдущем случае, является его относительно низкая надежность при многоцикловом изгибе, обусловленная потерей адгезии соединения «полиимид-кремний» при многоцикловом изгибе. Кроме того, при весьма тесном расположении кремниевых стенок и сильной деформации шарнира (больше 90 угловых градусов) может произойти ориентационная вытяжка материала с изменением его деформационно-прочностных свойств.

Заявляемое устройство направлено на повышение надежности сочленения.

Указанный результат достигается тем, что кремниевополиимидное гибкое сочленение для микросистем содержит соединяемые полиимидной вставкой кремниевые элементы, при этом в кремниевых элементах выполнены отверстия, заполненные материалом полиимидной вставки.

Указанный результат достигается также тем, что отверстия выполнены сквозными или глухими.

Указанный результат достигается также тем, что отверстия снабжены фасками.

Указанный результат достигается также тем, что поверхность отверстий выполнена с микрошероховатостью Rz не менее 3 мкм.

Указанный результат достигается также тем, что сквозные отверстия выполнены в
5 форме усеченных конусов, направленных навстречу друг другу малыми основаниями.

Отличительными признаками устройства являются:

- выполнение в кремниевых элементах отверстий, заполняемых материалом полиимидной вставки;
- выполнение в кремниевых элементах отверстий, заполняемых материалом
10 полиимидной вставки сквозными или глухими;
- снабжение отверстий фасками;
- выполнение поверхности отверстий с микрошероховатостью Rz не менее 3 мкм;
- выполнение сквозных отверстий в форме усеченных конусов, направленных навстречу друг другу малыми основаниями.

15 Выполнение в кремниевых элементах отверстий, заполняемых материалом полиимидной вставки, позволяет повысить надежности сочленения «полиимид-кремний». Даже в случае потери адгезии конструкция будет работоспособна, поскольку полиимид будет механически удерживаться в кремниевом элементе.

В зависимости от технологических возможностей в кремнии формируют сквозные
20 или несквозные отверстия, которые заполняют полиимидом одновременно с формированием полиимида на поверхности кремниевого элемента. Снабжение отверстий фасками позволяет повысить прочность соединения материала полиимидной вставки с кремниевым элементом, т.к. устраняются концентраторы механических напряжений, неизбежно возникающие на острых кромках отверстий при работе устройства на изгиб.

25 Выполнение поверхности отверстий с микрошероховатостью Rz не менее 3 мкм позволяет повысить адгезию полиимидной вставки к поверхности кремниевого элемента. Выполнение сквозных отверстий в форме усеченных конусов, направленных навстречу друг другу малыми основаниями, так же как и при снабжении отверстий фасками обеспечивает устранение концентраторов механических напряжений, но выполнение
30 отверстий коническими технологически проще.

Сущность заявляемого устройства поясняется примером реализации и чертежами, на которых представлены принципиальные схемы реализации различных вариантов заявленного устройства в разрезе. На фиг. 1 представлены фрагменты исходных кремниевых элементов: «а» - вариант реализации со сквозными отверстиями, «б» - с
35 глухими (a_1 , b_1 - внешний и внутренний диаметры сквозного отверстия или верхнего глухого, a_2 , b_2 - внешний и внутренний диаметры нижнего глухого отверстия, h_1 и h_2 - глубина фасок, h_3 - толщина пластины кремния, α_1 и α_2 - углы наклона фасок соответственно). На фиг. 2 представлены варианты заполнения отверстий кремниевых элементов полиимидом. На фиг. 3 представлено устройство в разрезе с прямыми сквозными отверстиями. На фиг. 4 представлено устройство в разрезе с сквозными отверстиями в форме усеченных конусов, направленных навстречу друг другу малыми основаниями. На фиг. 5 представлены в аксонометрии варианты конструкций гибких сочленений.

45 Кремниевое-полиимидное гибкое сочленение содержит кремниевые элементы 1, в которых выполнены сквозные или глухие отверстия 2. Кремниевые элементы соединены между собой полиимидом 3, заполняющим отверстия и частично охватывающим кремниевые элементы. Отверстия выполняются в кремнии по известной технологии,

например травлением через маску. При этом отверстия могут выполняться в кремнии в один или несколько рядов, в зависимости от размеров устройства, в котором сочленение будет использовано, и испытываемой им нагрузки.

5 Кремниевополиимидное гибкое сочленение может быть использовано в качестве шарнира или торсиона в различных устройствах микросистемной техники, выполненным по технологиям микрообработки, и может быть использовано при создании систем, обеспечивающих микроперемещения, например, микророботов.

10 Конструкция шарнирного соединения (фиг. 5, а) представляет собой балку и состоит из полиимидных слоев, наложенных с прямой и обратной стороны пластины и соединяющих два и более соседних элемента системы. Жесткость соединителя определяется его формой и толщиной. В упрощенном виде его можно считать балкой, жестко закрепленной с одной стороны и с приложенной нагрузкой на изгиб или кручение с другой стороны. Полиимидный торсион (фиг. 5, б) отличается от шарнира наличием дополнительного соосного сочленения, которое позволяет «подвесить» элемент

15 конструкции, как при использовании кремниевого торсиона. В данном случае полиимидные вставки работают на кручение. Полиимидные шарниры/торсионы формируются на кремниевой пластине. В результате полиимид оказывается «подвешенным» между кремниевыми элементами и образует, таким образом, гибкое сочленение.

20

(57) Формула изобретения

1. Кремниевополиимидное гибкое сочленение для микросистем, содержащее соединяемые полиимидной вставкой кремниевые элементы, отличающееся тем, что в кремниевых элементах выполнены отверстия, заполненные материалом полиимидной

25 вставки.

2. Кремниевополиимидное гибкое сочленение по п. 1, отличающееся тем, что отверстия выполнены сквозными или глухими.

3. Кремниевополиимидное гибкое сочленение по п. 1, отличающееся тем, что отверстия снабжены фасками.

30 4. Кремниевополиимидное гибкое сочленение по п. 1, отличающееся тем, что поверхность отверстий выполнена с микрошероховатостью Rz не менее 3 мкм.

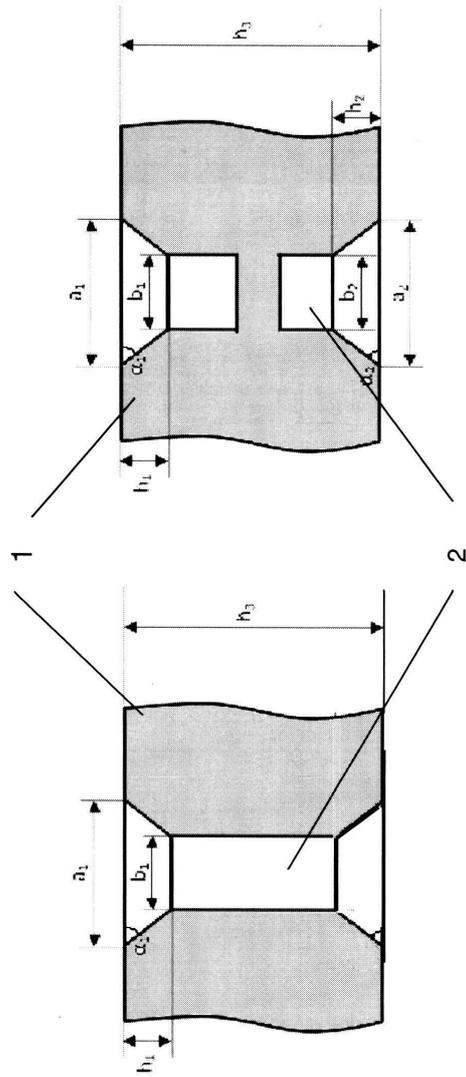
5. Кремниевополиимидное гибкое сочленение по п. 2, отличающееся тем, что сквозные отверстия выполнены в форме усеченных конусов, направленных навстречу друг другу малыми основаниями.

35

40

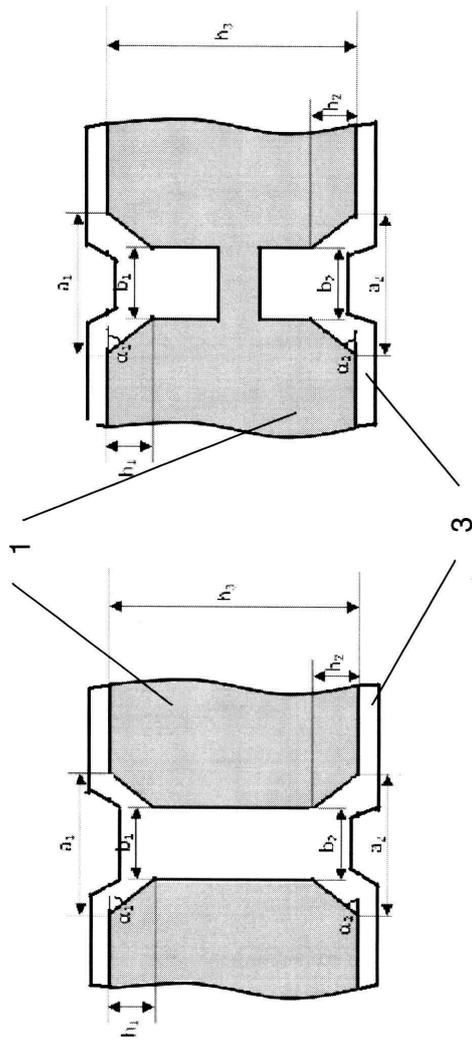
45

Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем



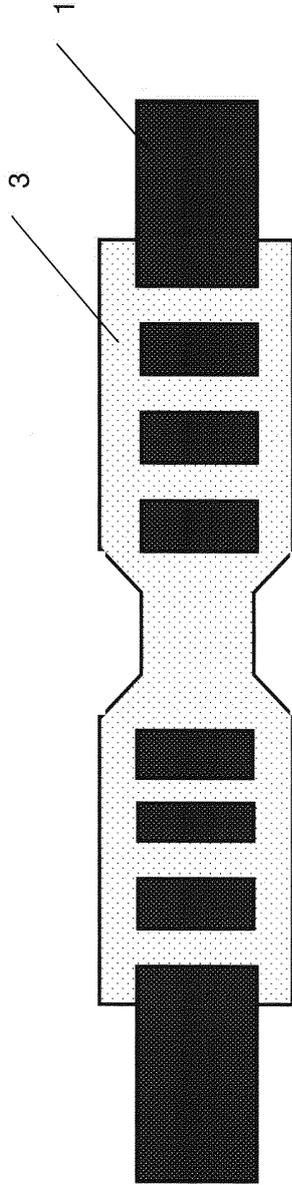
Фиг. 1

Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем



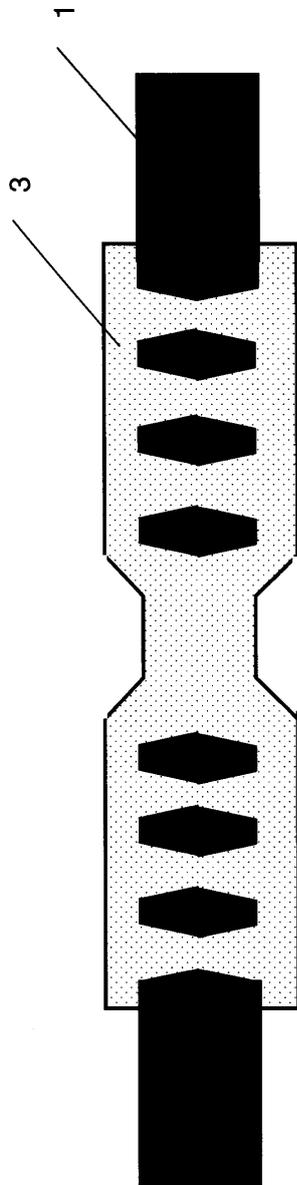
Фиг. 2

Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем



Фиг. 3

Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем

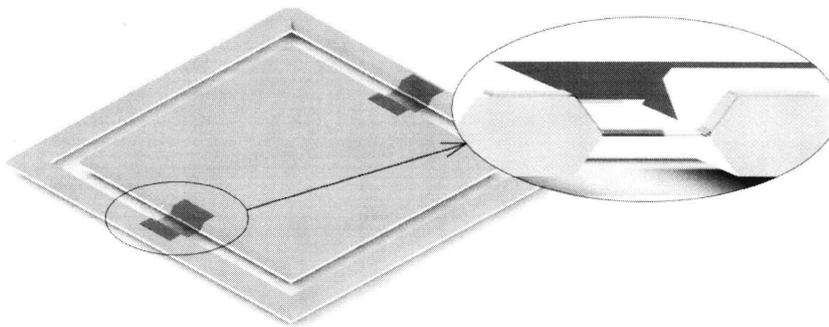


Фиг. 4

Кремниво-полиимидное гибкое сочленение для микросистем



а



б

Фиг. 5