



(51) МПК  
*B21D 39/00* (2006.01)  
*B23P 11/00* (2006.01)  
*G04B 13/02* (2006.01)  
*G04B 17/32* (2006.01)  
*G04D 1/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011152381/12, 21.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 21.12.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 22.12.2010 EP 10196580.4

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2013 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 10.12.2015 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
 поиске: СН 699680 А2, 15.04.2010; EP 1850193  
 А1, 31.10.2007; СН 700260 А2, 30.07.2010; US  
 2005235476 А1, 27.10.2005; SU 1217614 А,  
 15.03.1986.

Адрес для переписки:

109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
 "Союзпатент"

(72) Автор(ы):

**ВЕРАРДО Марко (СН),**  
**КЮЗЕН Пьер (СН),**  
**КЕВАЛЬ Артур (СН)**

(73) Патентообладатель(и):

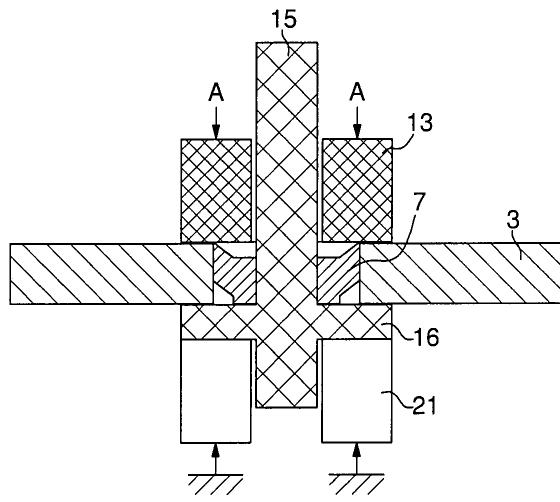
**НИВАРОКС-ФАР С.А. (СН)**

(54) СБОРКА ДЕТАЛИ, НЕ ИМЕЮЩЕЙ ОБЛАСТИ ПЛАСТИЧНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение, в частности, относится к области производства часовых механизмов. Изобретение относится к способу сборки элемента (15), выполненного из первого материала, с деталью (3), выполненной из второго материала, не имеющего области пластичности, включающему этапы, на которых: а) формируют деталь (3) с отверстием; б) вставляют промежуточную деталь (7), которая выполнена из третьего материала и имеет отверстие, в отверстие без создания напряжения; в) вставляют элемент (15) в отверстие без создания напряжения; г) упруго и

пластично деформируют промежуточную деталь (7) путем перемещения двух инструментов (13, 21) навстречу друг другу в осевом направлении соответственно на верхней и нижней частях промежуточной детали для создания на элементе и на окружающей отверстие стенке детали (3) радиального напряжения, вызывающего упругую деформацию детали (3) для скрепления узла без разрушения детали. Обеспечивается исключение поломки скрепляемых деталей. 16 з.п. ф-лы, 11 ил.



Фиг.6

RU 2570490 C2

RU 2570490 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B21D 39/00* (2006.01)  
*B23P 11/00* (2006.01)  
*G04B 13/02* (2006.01)  
*G04B 17/32* (2006.01)  
*G04D 1/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011152381/12, 21.12.2011

(24) Effective date for property rights:  
21.12.2011

Priority:

(30) Convention priority:  
22.12.2010 EP 10196580.4

(43) Application published: 27.06.2013 Bull. № 18

(45) Date of publication: 10.12.2015 Bull. № 34

Mail address:

109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"

(72) Inventor(s):

**VERARDO Marko (CH),  
KJuZEN Per (CH),  
KEVAL' Artur (CH)**

(73) Proprietor(s):

**NIVAROKS-FAR S.A. (CH)**

(54) **ASSEMBLY OF COMPONENT WITHOUT PLASTICITY REGION**

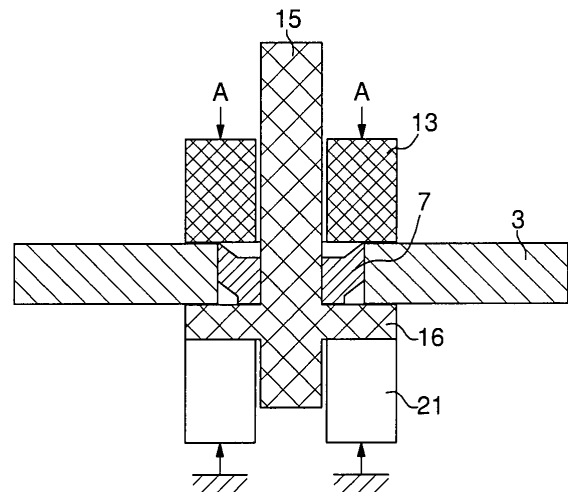
(57) Abstract:

FIELD: physics; clocks.

SUBSTANCE: invention particularly relates to production of clock mechanisms. The invention relates to assembling an element (15) made of a first material with a component (3) made of a second material without a plasticity region, which includes the following steps: a) forming a component (3) with an opening; b) inserting an intermediate component (7), made of a third material and having an opening, into an opening without generating stress; c) inserting an element (15) into the opening without generating stress; d) elastically and plastically deforming the intermediate component (7) by moving two instruments (13, 21) towards each other in an axial direction respectively on the upper and lower parts of the intermediate component to generate, on the element and the surrounding opening on the wall of the component (3), radial stress which causes elastic deformation of the component (3) to tighten the unit without breaking the component.

EFFECT: preventing breakage of tightened components.

17 cl, 11 dwg



Фиг.6

RU 2 570 490 C2

RU 2 570 490 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к сборке детали, выполненной из материала, не имеющего области пластичности, с элементом, содержащим другой тип материала.

Уровень техники

5 В настоящее время узлы, включающие детали на основе кремния, обычно скрепляются при помощи клеевых соединений. Этот тип операции требует очень аккуратного нанесения клея, что делает данную технологию дорогостоящей.

10 В документе EP 2107433 описано, что первая деталь на основе кремния устанавливается на промежуточную металлическую деталь, а затем весь узел монтируется на металлическую ось. Однако предложенные в данном документе варианты осуществления изобретения являются не удовлетворительными и либо приводят к поломке детали на основе кремния при сборке, либо не обеспечивают

15 требуемого скрепления деталей. Действительно, в данном документе один край промежуточной детали загибается поверх кремниевой детали, вызывая возникновение чистых осевых напряжений, что приводит к поломке кремниевой детали. Кроме того, в документе предлагается применять фасетирование, что приводит к неравномерному распределению напряжения в кремнии и также вызывает поломку кремниевой детали.

Раскрытие изобретения

20 Задачей изобретения является устранение всех или части вышеупомянутых недостатков путем разработки узла без применения клеевых соединений, который обеспечивает сборку детали, выполненной из материала, не имеющего области пластичности, с элементом, содержащим пластичный материал, такой как, например, металл или металлический сплав.

25 Таким образом, изобретение относится к способу установки элемента, выполненного из первого материала, в деталь из второго материала, не имеющего пластичных областей. Способ включает этапы, на которых:

а) формируют деталь с отверстием;

30 б) вставляют промежуточную деталь, которая выполнена из третьего материала и имеет отверстие, в отверстие без создания напряжения;

в) вставляют элемент в отверстие;

35 г) упруго и пластично деформируют промежуточную деталь путем перемещения двух инструментов навстречу друг другу в осевом направлении соответственно на верхней и нижней частях промежуточной детали для создания радиального напряжения на элементе и на стенке детали по периметру отверстия, вызывающего упругую деформацию детали для скрепления узла без разрушения детали.

40 Данный способ обеспечивает преимущество, заключающееся в том, что он позволяет осуществлять фиксацию элемента в радиальном направлении без создания в детали осевых напряжений. И действительно, преимущество изобретения заключается в том, что деталь подвергается только радиальным деформациям.

45 Кроме того, данная конфигурация дает преимущество, заключающееся в том, что она обеспечивает скрепление элементов узла, состоящего из детали и промежуточной детали, без скрепления с обычным точно управляемым элементом, гарантируя при этом отсутствие разрушающих напряжений в детали, даже в случае выполнения ее, например, из монокристаллического кремния.

И, наконец, данный способ соединяет узел, содержащий элемент, деталь и промежуточную деталь, за счет компенсации погрешностей изготовления различных компонентов.

Согласно прочим предпочтительным признакам изобретения:

- форма внешней стенки промежуточной детали, по существу, соответствует отверстию в детали, что обеспечивает создание, по существу, радиального напряжения в стенке детали, окружающей отверстие;

5 - отверстие в детали является круглым;

- стенка детали, окружающая отверстие, содержит шлицы, которые на этапе г) формируют микрожелобки на внешней поверхности промежуточной детали для предотвращения относительного перемещения элементов узла;

10 - внешняя поверхность элемента содержит шлицы, которые на этапе г) формируют микрожелобки на внутренней поверхности промежуточной детали для предотвращения относительного перемещения элементов узла;

- отверстие в детали является асимметричным для предотвращения относительного перемещения элементов узла;

15 - на этапе б) разница между сечением отверстия и внешним сечением промежуточной детали составляет около 10 мкм;

- на этапе в) разница между сечением элемента и внутренним сечением промежуточной детали составляет около 10 мкм;

- на этапе г) деформация создает обжимающее усилие, вызывающее перемещение величиной 16-40 мкм;

20 - на этапе б) промежуточная деталь содержит конический заплечик, соосный с отверстием для того, чтобы на этапе г) упростить ориентацию напряжения, вызываемого деформацией промежуточной детали;

- второй материал сформирован из основы монокристаллического кремния;

- третий материал сформирован из металла или основы металлического сплава;

25 - деталь может представлять собой, например, комплект колес часового механизма, храповики часового механизма, пружину часового механизма, резонатор или даже микроэлектромеханическую систему.

Краткое описание чертежей

30 Прочие признаки и преимущества будут понятны из нижеследующего описания, приведенного в качестве не ограничивающего примера, со ссылками на прилагаемые чертежи.

На фиг.1 и 2 показаны схемы последовательных этапов способа сборки по изобретению;

35 на фиг.3 и 4 - промежуточная деталь по изобретению, виды в сечении спереди и в перспективе;

на фиг.5 и 6 - схемы альтернативных этапов способа сборки по изобретению;

на фиг.7-10 - варианты промежуточной детали по изобретению;

на фиг.11 - альтернативное отверстие детали из хрупкого материала.

Осуществление изобретения

40 Как описано выше, изобретение относится к узлу и способу его сборки для соединения хрупкого материала, т.е. материала, не имеющего области пластичности, такого как материал на основе монокристаллического кремния, с пластичным материалом, таким как металл или металлический сплав.

45 Данный способ сборки разработан для применения в области часовой промышленности. Однако он также может применяться и в других областях, в частности, в таких как космическая промышленность, ювелирная промышленность, автомобильная промышленность или производство посуды.

В области часовой промышленности такой способ сборки необходим из-за

возрастающей важности хрупких материалов, таких как материалы на основе кремния, кварца, корунда или, в более общем случае, керамики. В качестве примера возможно представить полное или частичное формирование балансирной пружины, балансира, перемычек или даже наборов колес, таких как колеса регулятора хода, полностью или  
5 частично на основе хрупких материалов.

Однако необходимость обеспечивать применение обычных стальных осей, производство которых уже хорошо освоено, является ограничением, которое трудно преодолеть при использовании деталей, не имеющих области пластичности. Действительно, при проведении экспериментов при попытках вставки стальной оси  
10 систематически происходило разрушение хрупких деталей, т.е. деталей, не имеющих области пластичности. Например, стало понятно, что напряжения сдвига, создаваемые при вставке металлической оси в отверстие кремниевой детали, систематически вызывают разрушение детали.

В области часовой промышленности существует общепринятое мнение, согласно  
15 которому кремниевая деталь не может выдержать напряжение более 300-450 МПа без разрушения. Величина данного порядка была получена теоретическим способом на основании модуля Юнга, который характеризует зону пластических деформаций кремния.

Следовательно, для случаев, в которых оцениваемые напряжения превышают  
20 величину 300-450 МПа, средства упругой деформации, образованные сквозными отверстиями, выполненными в кремнии, разрабатывались подобно средствам, описанным в документах EP 1445670, WO 2006/122873 и WO 2007/099068.

После проведения дополнительных экспериментов путем деформирования промежуточной детали и постепенного увеличения напряжения в кремниевой детали  
25 неожиданно выяснилось, что на самом деле кремниевая деталь может выдерживать гораздо более высокое напряжение до регистрации образования трещин. Так, при экспериментах удалось распространить напряжения, при которых еще не возникает разрушения, до диапазона 1,5-2 ГПа, т.е. до величин, существенно превышающих  
30 общепринятый диапазон 300-450 МПа. Следовательно, вообще говоря, хрупкие материалы, такие как кремний, кварц, корунд или, в более общем случае, керамика, не обязательно соответствуют статистическим моделям, обычно применяемым для хрупких материалов.

Поэтому изобретение относится к вставке элемента, выполненного из первого материала, например пластичного материала, такого как сталь, в отверстие детали,  
35 выполненной из второго материала, не имеющего зоны пластичности, такого как материал на основе кремния, путем деформации промежуточной детали, выполненной из третьего материала, которую устанавливают между элементом и деталью.

Согласно изобретению промежуточная деталь имеет отверстие для вставки элемента. Кроме того, упруго и пластически деформированная промежуточная деталь охватывает  
40 в радиальном направлении или зажимает элемент, создает упругие напряжения в детали и обеспечивает такую фиксацию элементов сборки, при которой не возникает разрушений детали.

Кроме того, предпочтительно форма внешней стенки промежуточной детали, по существу, соответствует отверстию в детали, что обеспечивает создание, по существу, радиального напряжения в стенке детали, окружающей отверстие. Действительно,  
45 после проведения исследования, было установлено, что предпочтительным для промежуточной детали является равномерное распределение напряжений, вызываемых деформацией промежуточной детали, по стенке детали вокруг отверстия.

Следовательно, если отверстие в хрупкой детали имеет круглую форму, предпочтительно, чтобы внешняя стенка промежуточной детали имела, по существу, форму сплошного цилиндра, т.е. без радиальных пазов или сквозных осевых отверстий, кроме отверстия для вставки элемента, для предотвращения возникновения локальных напряжений на малой площади поверхности стенки детали вокруг отверстия, которые могут привести к разрушению хрупкого материала.

Безусловно, форма отверстия в хрупкой детали может быть другой, например асимметричной, для предотвращения относительного перемещения элементов сборки. Так, согласно первому альтернативному варианту это асимметричное отверстие может иметь, например, по существу, эллиптическую форму.

Согласно другому альтернативному варианту, предназначенному для предотвращения относительных перемещений, как показано на фиг.11, стенка детали 3 может быть снабжена шлицами 1, выходящими в отверстие 4. Предпочтительно, шлицы 1 проходят по всей толщине детали 3 и содержат куполообразную внешнюю поверхность высотой  $h$ . Безусловно, шлицы 1 могут иметь как, по существу, прямоугольную форму, так и другую форму.

Понятно, что эти шлицы 1 высотой  $h$ , которая гораздо меньше, чем диаметр  $e_1$  отверстия 4, образуют микроканавки на внешней поверхности промежуточной детали при ее деформации, за счет чего формируются сочленения типа шип-паз для предотвращения вращения стенки отверстия 4 относительно внешней поверхности промежуточной детали.

Понятно, что эти шлицы также могут быть расположены на внешней поверхности элемента 5 для получения того же эффекта и дополнительного улучшения соединения собираемого узла.

В результате, если сечение отверстия имеет круглую форму, промежуточная деталь (форма которой соответствует отверстию), которая имеет отверстие, может рассматриваться как замкнутое кольцо с непрерывными внутренними и внешними стенками, т.е. без каких-либо канавок или, в более общем случае, без разрывов материала. Так, за счет упругой и пластической деформации соответствующая форме отверстия форма промежуточной детали обеспечивает создание, по существу, равномерно распределенных радиальных напряжений на максимальной площади поверхности стенки детали по периметру отверстия.

Безусловно, внутренняя стенка промежуточной детали, расположенная напротив элемента, также имеет форму стенки, обеспечивающую сопряжение. В результате, очевидно, что форма внутренней стенки может соответствовать внешней форме элемента для создания, по существу, равномерно-распределенных напряжений на внутренней стенке промежуточной детали на максимальной площади поверхности внешней стенки элемента.

Конструкция узла по изобретению станет более понятна из фиг.1-10, на которых показаны примеры сборки узлов. На фиг.1-4 показан первый вариант осуществления изобретения. Таким образом, первый этап включает формирование детали 3, имеющей отверстие 4, из материала, который не имеет области пластичности. Как показано на фиг.1, отверстие 4 имеет сечение  $e_1$ , размер которого предпочтительно составляет от 0,5 до 2 мм, а высота шлицев 1, показанных на фиг.11, выступающих внутрь отверстия 4, составляет соответственно 5-25 мм.

Данный этап может выполняться при помощи сухого или влажного травления (например, глубокого реактивного ионного травления).

Далее, на втором этапе способ заключается в формировании элемента,

представляющего собой поворотную ось 5 в примере, показанном на фиг.1 и 2, из второго материала с таким же основным сечением  $e_2$ . Как разъяснялось выше, второй этап может выполняться в соответствии с обычным процессом изготовления оси. Элемент 5 предпочтительно является металлическим и может, например, формироваться из стали.

На третьем этапе способ состоит в формировании промежуточной детали из третьего материала с отверстием 8 с внутренним сечением  $e_4$  и внешним сечением  $e_3$ , стенка которой, по существу, имеет форму, ответную форме отверстия 4. Третий этап, таким образом, может выполняться при помощи механической обработки и/или процесса электрической формовки. Промежуточная деталь 7 может, таким образом, иметь толщину в диапазоне 100-600 мкм и ширину, т.е. разницу между внешним сечением  $e_3$  и внутренним сечением  $e_4$ , деленную на два ( $l=(e_3-e_4)/2$ ), в диапазоне 100-300 мкм.

Предпочтительно третий материал является более пластичным, чем второй материал элемента 5, за счет чего последний подвергается меньшей деформации или вообще не подвергается деформации на этапе деформирования. Промежуточная деталь 7 предпочтительно является металлической и может включать никель и/или золото. При этом возможно добавление к третьему материалу любого другого предпочтительного пластичного материала либо его замена подобным материалом.

Безусловно, первые три этапа не следует рассматривать в качестве строгой последовательности и их выполнение может осуществляться даже одновременно.

На четвертом этапе промежуточная деталь 7 вставляется в отверстие 4 бесконтактным способом. Это означает что, как показано на фиг.1, сечение  $e_1$  отверстия 4 имеет больший размер либо такой же размер, что и внешнее сечение  $e_3$  промежуточной детали 7.

Предпочтительно разница между размером сечения  $e_1$  отверстия 4 с учетом шлицов 1 при их наличии и размером внешнего сечения  $e_3$  промежуточной детали 7 составляет приблизительно 10 мкм, т.е. имеется зазор величиной около 5 мкм, который отделяет деталь 3 от промежуточной детали 7.

Кроме того, предпочтительно по изобретению промежуточная деталь 7 удерживается в отверстии 4 при помощи инструмента 11, одного из инструментов 11, 13, применяемых на этапе деформирования. И, наконец, предпочтительным образом инструмент 11 имеет углубление 12 для приема элемента 5.

На пятом этапе элемент 5 вводится в отверстие 8 промежуточной детали 7 бесконтактным способом. Это означает что, как показано на фиг.1, сечение  $e_4$  отверстия 8 больше либо равно внешнему сечению  $e_2$  элемента 5.

Предпочтительно разница между сечением  $e_4$  отверстия 8 и внешним сечением  $e_2$  элемента 5 составляет приблизительно 10 мкм, т.е. имеется зазор величиной около 5 мкм, который отделяет элемент 5 от промежуточной детали 7.

Далее согласно изобретению элемент 5 удерживается в отверстии 8 при помощи углубления 12 инструмента 11, имеющего сечение, по существу, равное сечению  $e_2$  элемента 5.

И, наконец, способ включает шестой этап, который состоит в упругом и/или пластическом деформировании промежуточной детали 7 путем встречного перемещения инструментов 11, 13 в осевом направлении А для создания радиального напряжения С, В соответственно на элементе 5 и стенке детали вокруг отверстия 4 за счет упругой деформации детали 3.



Безусловно, нет необходимости выполнения сквозных отверстий в детали 3 по периметру отверстия 4, подобных описанным в документах EP 1445670, WO 2006/122873 и WO 2007/099068, для предотвращения разрушения детали. Так, деталь 3 может подвергаться упругой деформации даже при высоком напряжении, т.е. при напряжении более 450 МПа для кремния, без возникновения трещин.

Таким образом, как показано на фиг.2, создание давления на верхней и нижней частях промежуточной детали 7 соответственно при помощи инструмента 13 и 11 в осевом направлении А вызывает упругую и пластическую деформацию промежуточной детали 7, которая деформируется только в радиальных направлениях В и С, т.е. в направлении детали 3 и элемента 5. После снятия напряжения с инструментов 11 и 13 в детали 3 проходит упругое восстановление, которое создает неразъемное соединение узла, состоящего из элемента 5, промежуточной детали 7 и детали 3.

Предпочтительно по изобретению параметры деформации задаются таким образом, чтобы обжимающее усилие было большим в районе зазоров между недеформированной промежуточной деталью 7 и, с одной стороны, стенкой отверстия 4, а с другой стороны, элементом 5. Предпочтительно обжимающее усилие создает перемещение в диапазоне 16-40 мкм.

В результате требуется упругая и пластическая деформация промежуточной детали 7 для создания упругой и пластической деформации детали 3 вокруг отверстия 4 и упругой и/или пластической деформации элемента 5 для скрепления элемента 5, промежуточной детали 7 и детали 3, как показано на фиг.2. Как показано на фиг.2, также может возникнуть ситуация, при которой край промежуточной детали 7 при деформации заворачивается поверх детали 3, не создавая при этом никакого осевого напряжения на детали 3. И наконец, следует отметить, что данная упругая деформация автоматически центрирует узел, состоящий из элемента 5, промежуточной детали 7 и детали 3.

Предпочтительно согласно изобретению в процессе сборки к детали 3 не прикладывается никакой осевой силы (которая по определению является причиной возникновения разрушений). В детали 3 создается только упругая радиальная деформация, которая определяется программно заданным давлением инструментов 13. Также следует заметить, что применение промежуточной детали 7, внешняя стенка которой, по существу, повторяет форму отверстия 4, позволяет создавать на стенке детали, окружающей отверстие 4, равномерно распределенные напряжения во время радиальной деформации В промежуточной детали 7 для предотвращения разрушения детали 3, выполненной из хрупкого материала, и для компенсации любых неточностей изготовления различных элементов, таких как, например, шлицы 1.

Как показано на фиг.3 и 4, промежуточная деталь 7 предпочтительно имеет коническое углубление, соосное с отверстием 8, для упрощения на этапе деформирования радиальной ориентации В, С напряжения, вызываемого деформацией промежуточной детали 7, а также для обеспечения постепенного увеличения указанного напряжения. Безусловно, наклонный участок 9, формирующий коническое углубление 10, приводит к созданию поверхности, изначально контактирующей с инструментом 12, которая вырождается в окружность за счет радиальной деформации внешней стенки промежуточной детали 7 в радиальном направлении с созданием постепенно увеличивающейся силы, действующей на стенку детали вокруг отверстия 4 и на элемент 5.

В примерах, показанных на фиг.3 и 4, видно, что коническое углубление 10 сообщается с отверстием 8, образуя плоский участок между наклонным участком 9 и

кромкой отверстия 8. Этот признак, т.е. сообщение конического углубления 10 и отверстия 8, как показано ниже, не является обязательным, и углубление 10 и его наклонный участок 9 могут иметь другие формы и размеры.

Безусловно, это изобретение не ограничивается продемонстрированным примером, но содержит потенциал для разработки специалистами в данной области техники разнообразных вариантов и внесения различных изменений. В частности, деталь 3 может также фиксироваться в осевом направлении в варианте, альтернативном первому варианту осуществления изобретения.

В качестве примера на фиг.5 и 6 показан второй вариант осуществления способа. Так, на фиг.5 и 6 показан альтернативный вариант, в котором элемент 15, по существу, отличается от элемента 5 тем, что он имеет буртик 16. Таким образом, нижняя часть инструмента 21 больше не нуждается в наличии углубления 12 для приема элемента 15, а просто снабжена сквозным отверстием 22, сечение которого, по меньшей мере, равно или больше сечения элемента 15.

Таким образом, понятно, что промежуточная деталь 7 и соответствующая деталь 3 могут устанавливаться на буртик 16. Кроме того, деформация промежуточной детали 7 в ее нижней части в этом случае осуществляется не самим инструментом 21, а через буртик 16 без потери преимуществ данного способа. Таким образом, в детали 3 возникает упругое напряжение в районе промежуточной детали 7 и она фиксируется относительно буртика 16 элемента 15.

В качестве примера на фиг.7-10 показан третий вариант осуществления способа. Так, на фиг.7-10 показан альтернативный вариант, в котором промежуточная деталь 27, 27', 27'', 27''', по существу, отличается от промежуточной детали 7 первого варианта осуществления изобретения тем, что она имеет буртик 26, 26', 26'', 26'''. В результате, в третьем варианте осуществления изобретения применяются те же инструменты 11, 13, что и в первом варианте осуществления изобретения. Таким образом, деталь 3 находится под действием упругого напряжения в районе промежуточной детали 27, 27', 27'', 27''' и фиксируется относительно буртика 26, 26', 26'', 26'''.

В первом варианте, показанном на фиг.7, промежуточная деталь имеет коническое углубление 30, наклонный участок 29 которого непосредственно сообщается с отверстием 28, т.е. без плоского участка.

Также во втором варианте промежуточная деталь 27', 27'', 27''' может иметь коническое углубление 30', 30'', 30''', наклонный участок 29', 29'', 29''' которого не сообщается с отверстием 28', 28'', 28''', а отделен от него кольцом 31', 31'', 31'''. Кольцо может располагаться выше торца наклонного участка 29' (см. кольцо 31') на одной высоте с торцом наклонного участка 29'' (см. кольцо 31'') или выше торца наклонного участка 29''' (см. кольцо 31'''). Безусловно, в данном втором варианте на этапе деформирования инструмент 13 располагается напротив наклонного участка 29', 29'', 29''' и не контактирует с кольцом 31', 31'', 31'''.

Возможно комбинирование вышепредставленных вариантов изобретения в зависимости от области применения. Кроме того, данная сборка может применяться в качестве неограничивающего примера для элемента часового механизма, такого как храповой механизм, регулятор хода, балансирующая пружина, перемычка, или, в более общем случае, для набора шестерен.

Также возможно использование описанного узла вместо упругих средств 48 или цилиндров 63, 66, описанных в документе WO 2009/115463 (который включен в данный документ по ссылке) для фиксации одиночного подпружиненного балансирующего резонатора на шарнирной оси.

Безусловно, два элемента, подобных описанным в данном документе, также могут крепиться к одной оси при помощи двух отдельных улов для объединения их соответствующего перемещения.

И, наконец, узлы по изобретению могут также обеспечивать скрепление любого типа часового механизма или другого элемента, корпус которого сформирован из материала, не имеющего зоны пластичности (из кремния, кварца и т.д.), с осью, такой как, например, резонатор с поворотной вилкой, или, в более общем случае, с микроэлектромеханической системой.

#### Формула изобретения

1. Способ сборки элемента (5, 15), выполненного из первого материала, с деталью, выполненной из второго материала, не имеющего области пластичности, включающий этапы, на которых:

а) формируют деталь (3) с отверстием (4);

б) вставляют промежуточную деталь (7, 27, 27', 27'', 27'''), которая выполнена из третьего материала и имеет отверстие (8, 28, 28', 28'', 28'''), в отверстие (4) без создания напряжения;

в) вставляют элемент (5, 15) в отверстие (8, 28, 28', 28'', 28''') без создания напряжения;

г) упруго и пластично деформируют промежуточную деталь (7, 27, 27', 27'', 27''') путем перемещения двух инструментов (11, 13, 21) навстречу друг другу в осевом направлении соответственно на верхней и нижней частях промежуточной детали для создания на элементе и на окружающей отверстие стенке детали (3) радиального напряжения (В, С), вызывающего упругую деформацию детали (3) для скрепления узла без разрушения детали.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что форма внешней стенки промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27'''), по существу, соответствует отверстию (4) в детали (3), что обеспечивает создание, по существу, радиального напряжения (В) в стенке детали (3), окружающей отверстие (4).

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что отверстие (4) детали (3) является круглым.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что стенка детали (3), окружающая отверстие (4), содержит шлицы (1), которые на этапе г) формируют микрожелобки на внешней поверхности промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27''') для предотвращения относительного перемещения элементов узла.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что внешняя поверхность элемента (5) содержит шлицы (1), которые на этапе г) формируют микрожелобки на внутренней поверхности промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27''') для предотвращения относительного перемещения элементов узла.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что отверстие (4) детали (3) является асимметричным для предотвращения относительного перемещения элементов узла.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе б) разница между сечением ( $e_1$ ) отверстия (4) и внешним сечением ( $e_3$ ) промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27''') составляет примерно 10 мкм.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе в) разница между сечением ( $e_2$ ) элемента (5, 15) и внутренним сечением ( $e_4$ ) промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27''') составляет примерно 10 мкм.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе г) за счет деформации возникает обжимающее усилие, вызывающее перемещение на величину 16-40 мкм.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что на этапе б) промежуточная деталь (7, 27,

27', 27'', 27''') имеет коническое углубление (10, 30, 30', 30'', 30'''), соосное с отверстием (8, 28, 28', 28'', 28''') и предназначенное для упрощения на этапе г) радиальной ориентации (В, С) напряжения, вызываемого деформацией промежуточной детали (7, 27, 27', 27'', 27''').

- 5 11. Способ по п.1, отличающийся тем, что второй материал сформирован из монокристаллической кремниевой основы
12. Способ по п.1, отличающийся тем, что третий материал сформирован из металлической основы или из основы из металлического сплава.
13. Способ по п.1, отличающийся тем, что деталь (3) является набором шестерен
- 10 часового механизма.
14. Способ по п.1, отличающийся тем, что деталь (3) является храповиком часового механизма.
15. Способ по п.1, отличающийся тем, что деталь (3) является балансирующей пружиной часового механизма.
16. Способ по п.1, отличающийся тем, что деталь (3) является резонатором.
17. Способ по п.1, отличающийся тем, что деталь (3) является микроэлектромеханической системой.

20

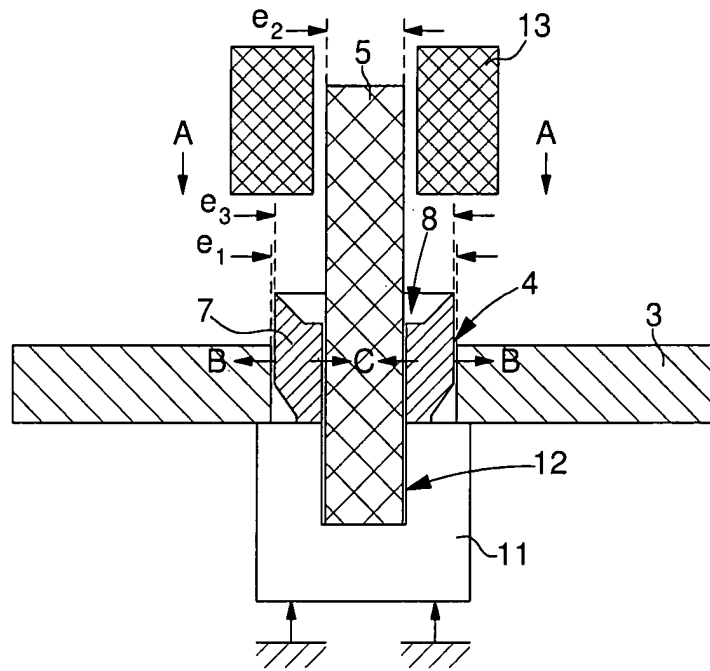
25

30

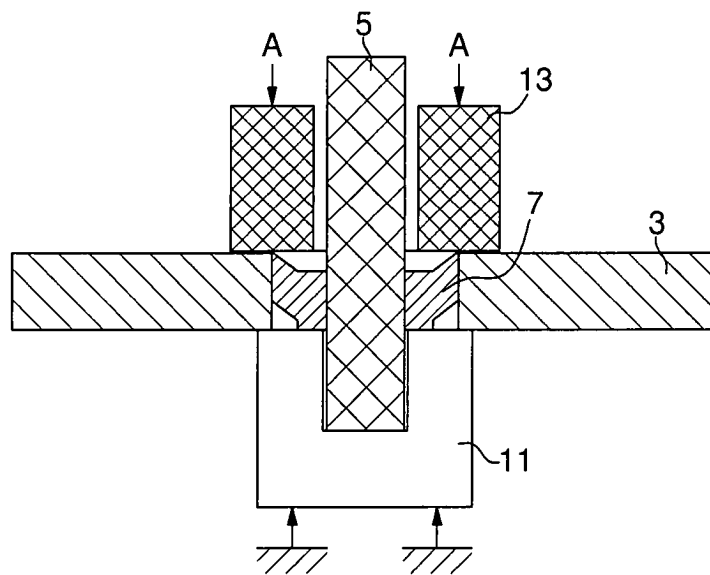
35

40

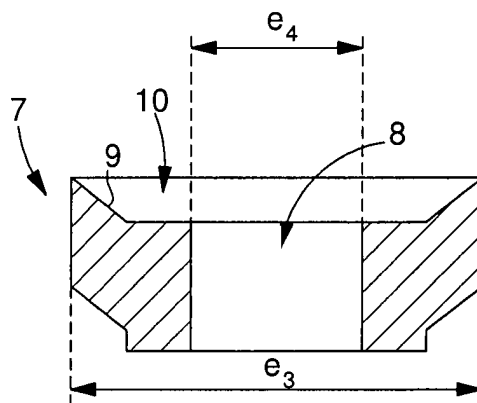
45



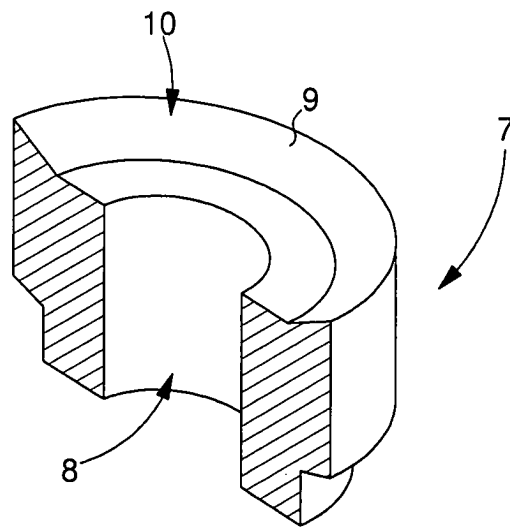
Фиг.1



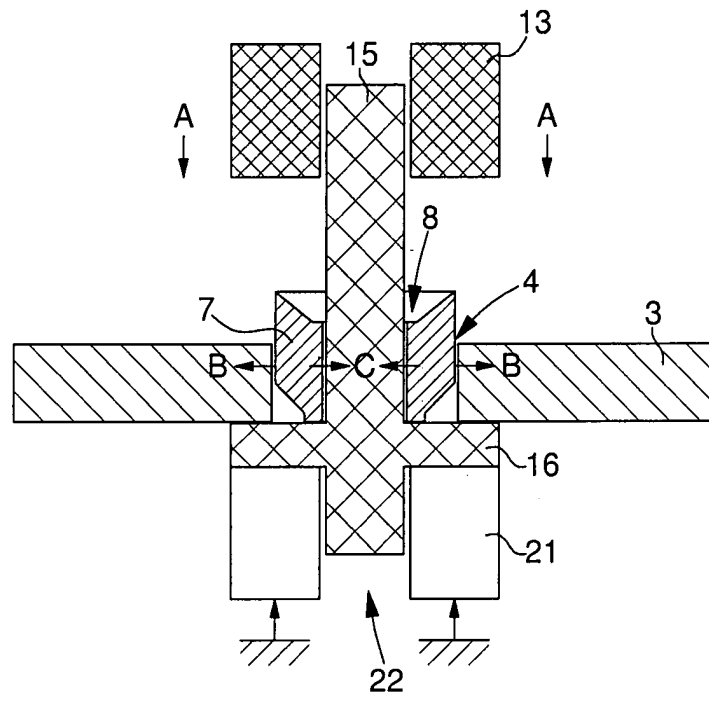
Фиг.2



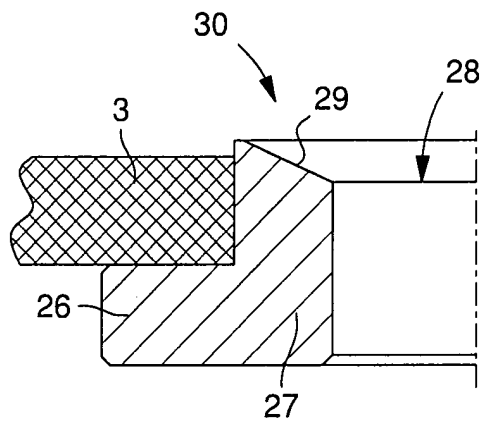
Фиг.3



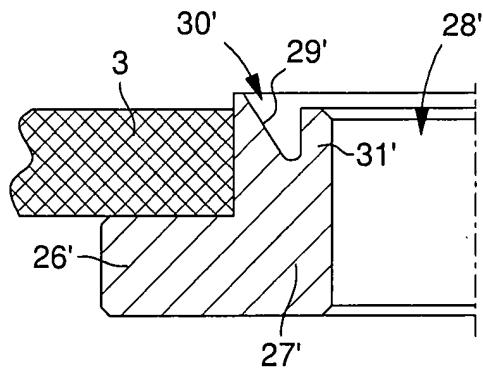
Фиг.4



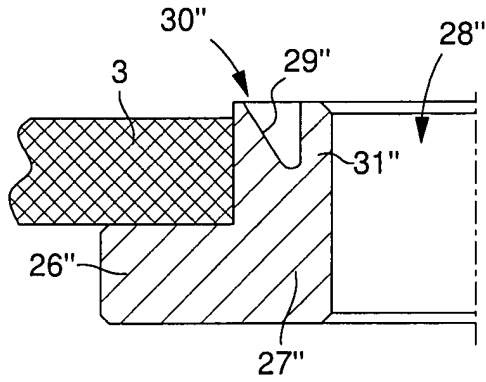
Фиг.5



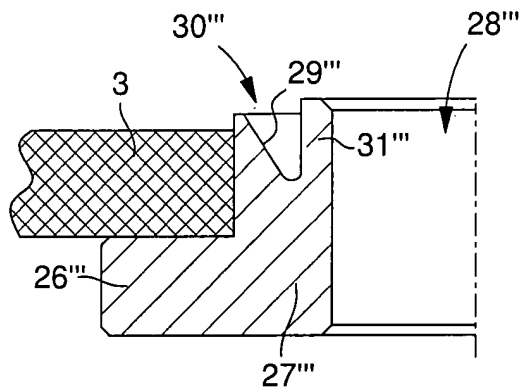
Фиг.7



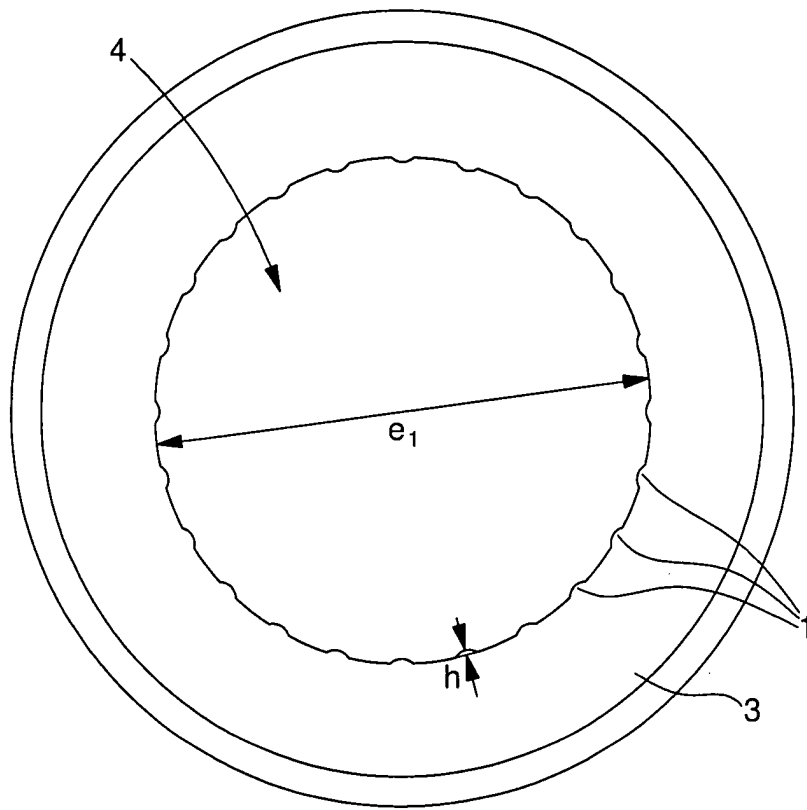
Фиг.8



Фиг.9



Фиг.10



Фиг. 11