



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012158186/03, 29.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2012

(45) Опубликовано: 10.07.2014 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 7942989 B2, 17.05.2011 . RU 2137249 C1, 10.09.1999. RU 2030738 C1, 10.03.1995 . RU 2401245 C2, 10.10.2010 . US 6220164 B1, 24.04.2001. US 6803244 B2, 12.10.2004

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-ая Бауманская, 5, МГТУ им.
Н.Э. Баумана, Центр защиты интеллектуальной
собственности, (для Халатовой Е.С.)

(72) Автор(ы):

**Борзов Андрей Борисович (RU),
Лихоеденко Константин Павлович (RU),
Цыганков Виктор Юрьевич (RU),
Апресян Арсен Манвелович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им.
Н.Э. Баумана) (RU)**

(54) МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ВЗРЫВАТЕЛЬ ИЗОХОРИЧЕСКИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области создания микроэлектромеханических взрывателей. Микроэлектромеханический взрыватель изохорический содержит микроэлектромеханическую структуру, включающую кристалл кремния с областью пористого слоя, в порах которого допированы водород и окислитель. Микроэлектромеханическая структура выполнена из кристаллов кремния одного размера, установленных последовательно и соосно, начиная с верхнего кристалла кремния, с областью пористого слоя толщиной до 50 мкм, в порах которого находятся водород и твердый

окислитель, теплопроводящего элемента - монокристаллического кристалла кремния, и кристалла кремния с областью пористого слоя толщиной не менее 60 мкм, установленных на стеклянном пьедестале с отверстием в центральной части. Структура закреплена на рамке, встроенной в корпус, внутри которого создан вакуум, при этом в верхней крышке корпуса выполнены отверстия с разным диаметром, в которых вставлены пробки. Изобретение позволяет изменить массогабаритные соотношения взрывателя и боеприпаса, обеспечивает замедление взрыва. 1 ил.

RU 2 522 362 C1

RU 2 522 362 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F42C 1/10 (2006.01)
F42C 15/32 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012158186/03, 29.12.2012**

(24) Effective date for property rights:
29.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: **29.12.2012**

(45) Date of publication: **10.07.2014** Bull. № 19

Mail address:

105005, Moskva, 2-aja Baumanskaja, 5, MGTU im. N.Eh. Baumana, Tsentr zashchity intellektual'noj sobstvennosti, (dlja Khalatovoj E.S.)

(72) Inventor(s):

**Borzov Andrej Borisovich (RU),
Likhoedenko Konstantin Pavlovich (RU),
Tsygankov Viktor Jur'evich (RU),
Apresjan Arsen Manvelovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni N.Eh. Baumana (MGTU im. N.Eh. Baumana) (RU)

(54) **MICROELECTROMECHANICAL ISOCHORIC FUSE**

(57) Abstract:

FIELD: blasting operations.

SUBSTANCE: microelectromechanical isochoric fuse comprises microelectromechanical structure comprising a silicon crystal with an area of the porous layer, in which pores hydrogen and oxidant are doped. The microelectromechanical structure is made of silicon crystals of the same size, located sequentially and coaxially starting from the upper silicon crystal, with the area of the porous layer with the thickness of up to 50 mcm, in which pores hydrogen and solid oxidant are located of the heat conductive element - monocrystalline

silicon crystal, and the silicon crystal with the area of the porous layer with the thickness of not less than 60 mcm, mounted on the glass pedestal with a hole in the central part. The structure is fixed on the frame integrated in the housing in which vacuum is created, at that in the upper housing cover the holes with different diameters are made, in which the plugs are inserted.

EFFECT: invention enables to change the ratio of weight and size of fuse and explosive item, ensures burst delay.

1 dwg

RU 2 522 362 C1

RU 2 522 362 C1

Изобретение относится к области создания микроэлектромеханических взрывателей изохорических.

Известны взрыватели, принцип работы которых заключается в использовании ударно-накольного действия и механическом воздействии на пиротехнические составы для поджига и взрыва бризантного взрывчатого вещества (см., например, патент РФ №2202765, МПК F42C 19/10, 2001 г.). Они состоят из накольно-предохранительного механизма, датчика цели, дистанционного устройства, механизма дальнего взведения и детонирующего узла. Недостатками этих конструкций являются: большие массогабариты, невозпроизводимое замедление взрыва за счет пиротехнических веществ.

Известен взрыватель (см. патент США №7942989, НКИ: 149/145, МПК: C06B 33/00; C06B 45/00; C06C 9/00; G01N 21/71, опубл. 09.12.2004 г.), состоящий из пластины нанокристаллического кремния, содержащего множество микропор с допированным водородом и твердым окислителем (перхлорат натрия, перхлорат лития, фторид калия и т.д.), осажденного внутри пор. Недостатками данного решения являются невозможность использования в различных видах боеприпасов, отсутствие конкретных размеров толщин и областей пористого кремния, отсутствие механизмов регулирования времени взрыва.

Техническая задача, решаемая в предлагаемом изохорическом микроэлектромеханическом взрывателе, заключается в изменении массогабаритных соотношений взрывателя и боеприпаса, обеспечении замедления взрыва за счет изменения конструкции, механизма инициирования взрыва и использования новых физических принципов создания взрывателя.

Предлагаемый микроэлектромеханический взрыватель изохорический предназначен для использования в любых боеприпасах, в нем используется и развивается способ, применяющий взрывчатку на основе пористого кремния, и использования эффектов адиабатического горения и акустической эмиссии.

Для реализации поставленной задачи в микроэлектромеханическом взрывателе находится микроэлектромеханическая ячейка - узел микроэлектромеханической структуры (МЭМС) из кристаллов одного размера, начиная с верхнего кристалла кремния, с областью пористого слоя, в порах которого находятся водород и твердый окислитель, толщиной до 50 мкм, теплопроводящего элемента - монокристаллического кристалла кремния, и кристалла кремния с областью пористого слоя толщиной не менее 60 мкм, установленных на стеклянной подложке с отверстием в центральной части. Области пор формируются электрохимическим травлением и представляют собой полусферу внутри кристалла кремния, на поверхности которого видна плоскость сечения сферы - большой круг с совокупностью пор (нормаль к пластине), а в глубине монокристаллической кремниевой пластины - это полусфера из пор; поры могут быть различного размера - диаметром от нанометров до микрометров, а по нормали к поверхности размер пор может быть от единиц до сотен микрометров. Микроэлектромеханическая ячейка закреплена на рамке, встроенной в корпус, внутри которого создан вакуум.

Изобретение поясняется чертежом.

На чертеже - микроэлектромеханический взрыватель изохорический на основе микроэлектромеханической ячейки - МЭМС узла, состоящий из трех, одинаковых по размеру кристаллов кремния и одного стеклянного пьедестала, располагающихся на рамке, которая приклеивается к корпусу, верхний кристалл кремния 1 имеет сформированный пористый слой не более 50 мкм, в порах которого находится водород, оставшийся после электрохимического травления в растворе на основе плавиковой

кислоты и малое количество пероксидов, второй кристалл кремния 2 монокристаллический (без области пористого слоя), третий кристалл кремния 3 с областью пористого слоя не менее 60 мкм, внутри пор находится водород и значительное количество пероксидов, обращенной к стеклянному пьедесталу 4, в котором напротив

5 области пористого слоя выполнено отверстие 5, конструкция из трех кристаллов кремния и одного стеклянного элементов соединяется сначала между собой, устанавливается на рамку 6, а затем клеивается в герметичный алюминиевый корпус 7 с вакуумом, нижняя 8 и верхняя 9 крышки которого незначительной толщины, в верхней крышке корпуса изготовлены два отверстия 10 разного диаметра, закрытые пробками 11.

10 Верхний кристалл кремния своим пористым слоем обращен к отверстиям 10 корпуса.

Каждый кристалл кремния в предложенной конструкции обладает определенной, только ему присущей функциональностью.

Микроэлектромеханический взрыватель изохорический работает следующим образом.

Из одного из отверстий вынимается пробка, например при выдергивании чеки. При

15 этом меняются давление в неизменяющемся объеме МЭМС узла и температура при адиабатическом процессе, термически воздействуя на область пористого слоя верхнего кристалла кремния. При изохорическом процессе вся теплота, которую получает газ, идет на изменение его внутренней энергии. Происходит передача теплоты от внешнего

20 воздуха молекулам водорода и кислорода внутри пор в области пористого слоя в кристалле кремния, образованной при электрохимическом травлении кремниевой пластины. Передача теплоты происходит: во-первых, за счет всех трех типов передачи тепла - теплопередачи, конвекции и радиации (излучения); во-вторых, за счет трения при перемещении воздуха внутрь вакуумированного корпуса; в-третьих, за счет

25 соударения молекул воздуха с молекулами водорода и кислорода, находящимися в порах; в-четвертых, за счет химического взаимодействия между теми же молекулами. Совокупность этих процессов увеличивает взаимодействие молекул водорода и

кислорода и приводит к быстрой экзотермической реакции части молекул между собой в порах, образуя новый источник тепла - очаг горения в области пористого слоя в первом кристалле кремния.

30 Образовавшееся тепло успевает отводиться из области пористого слоя, имеющего размер в направлении нормали к поверхности первого кристалла кремния на глубину не более 50 мкм. При этом происходит интенсивная теплопередача от очага горения через часть первого кристалла кремния, в которой нет области пористого слоя, во второй кристалл кремния, в котором нет областей с порами, а через него в третий

35 кристалл кремния с областью пористого слоя с глубиной пор более 60 мкм.

При этом температура на нижней границе области пористого слоя с глубиной более 60 мкм достигает температуры самовоспламенения, происходит автокаталитическая реакция, образуется ударная волна и возникают детонационные процессы, приводящие

40 к созданию ударных волн и возникновению детонационных процессов, заканчивающихся взрывом и выбросом струи газа через отверстие в стекле с непрореагировавшими частицами кремния, стекла, алюминиевого корпуса и нижней крышки, являющимися инициаторами поджига бризантного вещества боеприпаса.

При этом можно регулировать время взрыва, которое может задаваться временем горения пористого слоя кристалла кремния, толщиной пористого слоя, временем

45 создания необходимого градиента температур при нагревании второго кристалла кремния. Быстрая экзотермическая реакция в области пористого слоя третьего кристалла кремния развивается за миллисекунды и не влияет на задержку времени взрыва.

При уравнивании давления в воздушной среде и вакуумированного корпуса

формируются упругие акустические волны на низких частотах. Причем частота акустических волн может быть изменена диаметром выходного отверстия.

Формирование, распространение и детектирование акустических волн сигнализирует о начале процесса горения, а изменение диаметра выходного отверстия в верхней крышке корпуса является одним из регуляторов времени замедления времени взрыва.

Для уменьшения массы и габаритов в микроэлектромеханических взрывателях используются кристаллы кремния одного размера: 1×1; 2×2; 3×3; 4×4; 5×5; 6×6 мм; толщина кристалла кремния зависит от типа монокристаллической кремниевой пластины, на которой кристалл изготавливается, например для монокристаллических кремниевых пластин диаметром 76 мм толщина составляет 388 микрометров. Этим достигается создание микроэлектромеханической универсальной ячейки взрывателя - основного элемента микроэлектромеханического взрывателя изохорического.

Экспериментально установлено, что для создания быстрой экзотермической реакции в области пор в кристалле кремния происходит горение и отвод тепла с использованием, в основном, механизма теплопроводности при глубине пор меньше 50 микрометров.

Первый кристалл кремния с областью пористого слоя служит для первоначального инициирования реакции дефлаграции до 50 мкм и создания очага горения - теплового очага для последующего инициирования взрыва в области пор в третьем кристалле кремния.

Также экспериментально установлено, что в области пористого слоя кристалла кремния не менее 60 мкм происходит автокаталитическая реакция, приводящая к быстрой экзотермической реакции, в результате которой образуется ударная волна и возникают детонационные процессы, приводящие к взрыву.

Таким образом, третий кристалл кремния с областью пористого слоя не менее 60 мкм - с допированными в нем водородом и окислителем, обращенной к отверстию в стеклянном пьедестале, служит для инициирования взрыва боеприпаса, путем проведения второй быстрой экзотермической реакции.

Между двумя кристаллами кремния с областями пористого кремния, один из которых является источником горения и тепла, а другой взрывным элементом, выполняет функцию регулятора времени, изменяющего время срабатывания взрывателя, расположен монокристаллический кристалл кремния, теплопроводность которого достаточна велика для передачи тепла, которое обеспечит на дне области пористого кремния третьего кристалла температуру самовоспламенения.

Для обеспечения миниатюризации, жесткости конструкции и соосности кристаллов этажерочная конструкция из кристаллов кремния микроэлектромеханического взрывателя крепится на рамке, жестко соединенной с корпусом взрывателя, внутри которого создан вакуум.

В верхней крышке корпуса выполнены отверстия с разным диаметром, в которых вставлены пробки. Обычно инициирование процесса взрыва взрывателя происходит, как правило, тремя возможными способами: механическим и тепловым воздействием, электрическим импульсом; в предлагаемом взрывателе предлагается реализовать еще один способ, описываемый ниже: при открывании отверстия в вакуумированном корпусе происходит заполнение вакуума наружным воздухом. При этом процесс перемещения воздуха определен по направлению из внешней воздушной среды вовнутрь вакуумированного корпуса. Скорость этого процесса велика. При изохорическом процессе вся теплота, которую получает газ, идет на изменение его внутренней энергии. Происходит передача теплоты от внешнего воздуха молекулам водорода и кислорода внутри пор в области пор в кремниевом кристалле, образованной при

электрохимическом травлении кремниевой пластины. Передача теплоты происходит: во-первых, за счет всех трех типов передачи тепла - теплопередачи, конвекции и радиации (излучения); во-вторых, за счет трения при перемещении воздуха внутрь вакуумированного корпуса; в-третьих, за счет соударения молекул воздуха с молекулами водорода и кислорода, находящимися в порах; в-четвертых, за счет химического взаимодействия между теми же молекулами.

Второе и третье слагаемые этой совокупности механизмов передачи теплоты зависят от размера отверстий, которые открываются пробками.

Совокупность этих механизмов передачи теплоты увеличивает вероятность взаимодействия молекул водорода и кислорода и приводит к быстрой экзотермической реакции части молекул между собой в порах, образуя новый источник тепла - очаг горения в области пор в первом кристалле кремния, и затем созданию в конечном итоге процесса взрыва на выходе конструкции. Применение микроэлектромеханического взрывателя изохорического дает следующие отличия и преимущества:

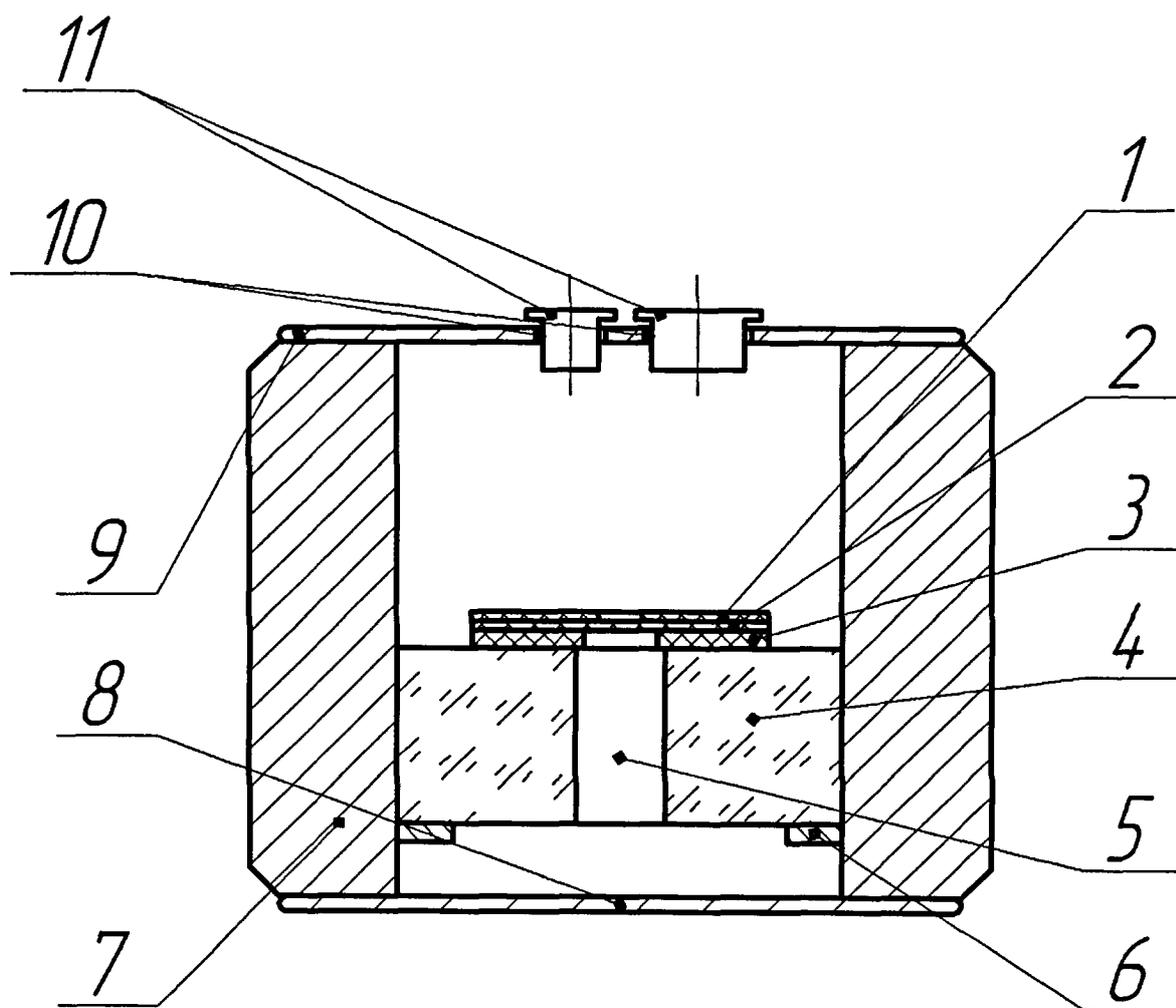
- вес и габариты взрывателя существенно снижаются;
- огневая цепь реализуется на совершенно иных принципах, обеспечивая миниатюризацию конструкции;
- удельный вес бризантного вещества в боеприпасе и эффективность применения повышаются.

Конструкция описываемого микроэлектромеханического взрывателя изохорического миниатюрна и обеспечивает увеличение удельного объема бризантного взрывчатого вещества в стандартных боеприпасах, снижение массогабаритов, предусматривает только механические взаимодействия и не подвержена электромагнитным возмущениям среды.

Функциональность микроэлектромеханического взрывателя изохорического и его конструкция могут быть дополнены или изменены для конкретных видов боеприпасов и их применений.

Формула изобретения

Микроэлектромеханический взрыватель изохорический, содержащий микроэлектромеханическую структуру, включающую кристалл кремния с областью пористого слоя, в порах которого допированы водород и окислитель, отличающийся тем, микроэлектромеханическая структура выполнена из кристаллов кремния одного размера, установленных последовательно и соосно, начиная с верхнего кристалла кремния, с областью пористого слоя толщиной до 50 мкм, в порах которого находятся водород и твердый окислитель, теплопроводящего элемента - монокристаллического кристалла кремния, и кристалла кремния с областью пористого слоя толщиной не менее 60 мкм, установленных на стеклянном пьедестале с отверстием в центральной части, структура закреплена на рамке, встроенной в корпус, внутри которого создан вакуум, при этом в верхней крышке корпуса выполнены отверстия с разным диаметром, в которых вставлены пробки.



1 – кристалл кремния с областью пористого кремния; 2 – кристалл кремния монокристаллический; 3 – кристалл кремния с областью пористого кремния; 4 – стеклянный пьедестал; 5 – отверстие; 6 – рамка; 7 – корпус; 8 – нижняя крышка; 9 – верхняя крышка, 10-отверстия, 11 пробки

Микроэлектромеханический взрыватель изохорический
Фиг.1