



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 397 154** (13) **C2**

(51) МПК  
*C06C 7/00* (2006.01)  
*F42C 9/00* (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007133507/09**, **06.02.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**06.02.2006**

(30) Конвенционный приоритет:  
**08.02.2005 US 60/650,782**  
**01.09.2005 US 60/713,233**

(43) Дата публикации заявки: **20.03.2009**

(45) Опубликовано: **20.08.2010** Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6062143 A**, **16.05.2000**. **US 4742773 A**,  
**10.05.1988**. **US 5031538 A**, **16.07.1991**.  
**EP 0310580 A2**, **05.04.1989**. **RU 2170224 C2**,  
**10.05.2000**. **US 6640719 B1**, **04.11.2003**.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **10.09.2007**

(86) Заявка РСТ:  
**US 2006/004038 (06.02.2006)**

(87) Публикация РСТ:  
**WO 2006/086274 (17.08.2006)**

Адрес для переписки:  
**103735, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО**  
**"Союзпатент", пат.пов. С.Б.Фелицыной,**  
**рег.№ 303**

(72) Автор(ы):  
**ЧАЙЛДЗ Джон (US),**  
**ШЕНК Лоренс Дж. III (US)**

(73) Патентообладатель(и):  
**ДАЙНО НОБЕЛЬ ИНК. (US)**

(54) УСТРОЙСТВА ЗАДЕРЖКИ И СПОСОБЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:  
Изобретение относится к пиротехническим устройствам задержки. Техническим результатом изобретения является повышение точности времени задержки. Согласно изобретению устройство задержки (10) включает полосу настройки времени задержки (14) и калибровочную полосу (20), нанесенные на подложку (12). Полоса настройки времени задержки и калибровочная полоса включают энергетические материалы, которые могут включать частицы наноразмерных материалов, например топлива и окислителя, нанесенных как

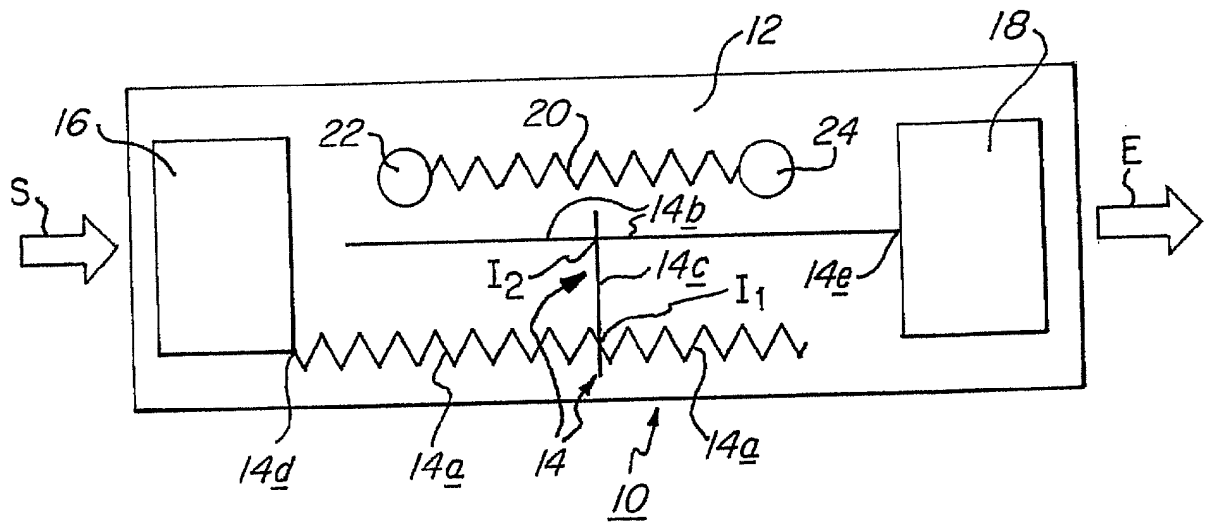
отдельные слои. Способ изготовления устройств задержки включает нанесение на подложку (12) полосы настройки времени задержки (14), имеющую точку входа сигнала (14d) и точку выхода сигнала (14e), и нанесение на ту же самую или другую подложку калибровочной полосы (20). Полоса настройки времени задержки (14) и калибровочная полоса (20) имеют идентичный состав или конфигурируются иначе, например, варьированием толщины полосы, для обеспечения одинаковой скорости горения. Калибровочную полосу (20) зажигают и устанавливают ее скорость горения. Полоса

RU 2 397 154 C2

RU 2 397 154 C2

настройки времени задержки (14) настраивается с помощью регулирующей структуры, чтобы достигнуть желательного времени задержки, предпочтительно на том основании, что скорость горения полосы настройки времени

задержки (14) в значительной степени совпадает с установленной скоростью горения калибровочной полосы (20). 4 н. и 41 з.п. ф-лы, 34 ил.



Фиг. 1

RU 2397154 C2

RU 2397154 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**C06C 7/00** (2006.01)  
**F42C 9/00** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007133507/09, 06.02.2006**

(24) Effective date for property rights:  
**06.02.2006**

(30) Priority:  
**08.02.2005 US 60/650,782**  
**01.09.2005 US 60/713,233**

(43) Application published: **20.03.2009**

(45) Date of publication: **20.08.2010 Bull. 23**

(85) Commencement of national phase: **10.09.2007**

(86) PCT application:  
**US 2006/004038 (06.02.2006)**

(87) PCT publication:  
**WO 2006/086274 (17.08.2006)**

Mail address:  
**103735, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO**  
**"Sojuzpatent", pat.pov. S.B.Felitsynoj, reg.№ 303**

(72) Inventor(s):

**ChAJLDZ Dzhon (US),**  
**ShENK Lorens Dzh. III (US)**

(73) Proprietor(s):

**DAJNO NOBEL' INK. (US)**

(54) **DELAY DEVICES AND METHOD OF MAKING SAID DEVICES**

(57) Abstract:

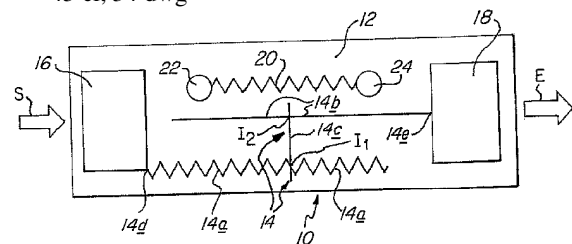
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to pyrotechnic delay devices. According to the invention, the delay device (10) has a strip for setting the delay time (14) and a calibration strip (20) deposited on a substrate (12). The strip for setting the delay time and the calibration strip contain energy materials which can contain particles of nanosized materials, e.g. fuel and oxidant, deposited as separate layers. The method of making delay devices involves depositing on the substrate (12) a strip for setting the delay time (14), having a signal input point (14d) and a signal output point (14e), and depositing a calibration strip (20) on the said substrate or another substrate. The strip for setting the delay time (14) and the calibration strip (20) have identical compositions or are configured differently, e.g. by varying thickness of the strip in order to

ensure the same burning speed. The calibration strip (20) is set on fire and its burning speed is recorded. The strip for setting the delay time (14) is adjusted using a control structure in order to attain the desired delay time, preferably based on that the burning speed of the strip for setting the delay time (14) largely coincides with the recorded burning speed of the calibration strip (20).

EFFECT: more accurate delay time.

45 cl, 34 dwg



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройствам задержки типа, который используется для регулируемого по времени инициирования энергетических материалов, например устройств задержки типа, который используется в  
5 детонаторах замедленного действия, к способам изготовления таких устройств задержки.

Уровень техники

Обычные пиротехнические устройства задержки включают в себя  
10 порошкообразную пиротехническую композицию, заключенную в корпус трубы из мягкого металла, такую как свинцовая или из оловянного сплава. Такие традиционные устройства задержки обычно размещаются внутри оболочки детонатора между местом вворачивания взрывателя, такого как ударная труба, и  
15 расположенным на выходе взрывным зарядом детонатора. Взрыв выходного взрывного заряда задерживается на время, которое требуется для горения отрезка пиротехнического материала от его входного до выходного конца.

Квалифицированным специалистам в данной области хорошо известно, что необходимо очень тщательно контролировать время задержки отдельных  
20 детонаторов; обычное время задержки находится в пределах от 9 до 9600 миллисекунд или больше, например 9, 25, 350, 500 и 1000 миллисекунд. Достижение одинаковых и точных времен задержки путем поджога трубы пиротехнического материала ограничено в своей основе, и в данной области техники интенсивно  
25 разрабатываются электронные устройства задержки для увеличения точности времени задержки, несмотря на увеличенную стоимость электронных устройств задержки по сравнению с пиротехническими устройствами задержки.

Международная заявка WO 2004/106268 A2 компании Qinetiq Nanomaterials Limited на "Взрывчатые Устройства", опубликованная 9 декабря 2004, раскрывает  
30 взрывчатые устройства, представляющие собой пасту, нанесенную печатным способом на подложку, которая может содержать частицы в пределах 10 микрометров в диаметре "или даже ...0,1 микрометра или меньше в диаметре." (Страница 4, линии 18-24). Фигуры, такие как Фиг.1 и 2, раскрывают змеевидные или спиральные варианты нанесения печатной взрывчатой пасты на подложку.  
35 Например, на странице 15, линии 11-29 описана печать взрывчатой пастой единственной линией, которая начинается вблизи нагревательного элемента и заканчивается вблизи вторичного взрывчатого материала. Печатная линия взрывчатой пасты инициирует вторичное взрывчатое вещество. Может  
40 использоваться зигзагообразный рисунок, и это увеличит время задержки, обеспечиваемое устройством.

Известно использование нанопористой окиси железа в качестве компонента окислителя ракетного топлива, взрывчатых веществ и пиротехнических материалов. См. статью «Аэрозоль-гельный синтез нанопористых частиц окиси железа:  
45 потенциальный окислитель для наноактивных материалов», Anand Prakash, Alon V. McCormick и Майкл R. Zachariah, Chem. Mater. 2004, 16, 1466-1471, публикация Американского Химического Общества. Статья описывает использование наночастиц топлива, такого как алюминий и окислитель на основе оксида металла,  
50 которые реагируют с высвобождением большого количества энергии. Высокая площадь поверхности в объеме материала, обусловленная очень маленькими размерами частиц, разрабатывается, чтобы уменьшить ограничения, связанные с массопереносом, и добиться воспламенения, контролируемого химической

кинетикой. Указывается, что размер частиц окислителя, являющихся предметом изобретения, находится в интервале 100-250 миллимикрон ("нм").

Британская заявка на патент 2049651 компании Brock's Fireworks Limited, Дамфришир, Шотландия раскрывает способ нанесения пиротехнического или взрывчатого состава на поверхность путем трафаретной печати композиции в форме жидкой суспензии или пасты по поверхности, с последующим высыханием и/или затвердением полученной таким образом композиции. Раскрыто, что могут быть нанесены несколько слоев, предпочтительно, через сито с крупными отверстиями, которое позволяет проходить через него относительно крупным твердым частицам, не забиваясь. Интервал размера частиц не указывается. Далее раскрыто, что в описанном способе может наноситься несколько слоев, и каждый слой может быть таким же или отличаться. Последний слой инертного материала может надпечатываться сверху в целях гидроизоляции или предотвращения воспламенения на поверхности и, если необходимо, между стадиями может быть использовано напыление.

Патент США 6712917, выпущенный 30 марта 2004 г. Gash и др. и озаглавленный «Неорганические нанокompозиты оксиды металлов/органические полимеры и способы их получения», раскрывает способ получения смешанных неорганических/органических активных нанокompозитов.

Патент США 6803244, выпущенный 12 октября 2004 г. Diener и др. и названный «Наноструктурное реакционное вещество и способ его получения», раскрывают наноструктурное реакционное вещество, например кремний и окисляющий агент. Частицы размером порядка нанометра, первоначально разделенные изолирующим слоем, как сообщают, обеспечивают практически прямой контакт между топливом и агентом окисления, когда изолирующий слой разрушается.

Детальное обсуждение термитных смесей, интерметаллических реагентов и топлив содержится в статье «Теоретическое выделение энергии термитными смесями, интерметаллическими соединениями и горючими металлами», авторов S.H.Fischer и M.C.Grubelich, Sandia National Laboratories, Альбукерке, Нью Мехико. Статья SAND-98-1176C была представлена на 24<sup>-ом</sup> Международном Семинаре Пиротехники, Монтеррей, Калифорния в июле 1998.

Раскрытие изобретения

В общем случае в соответствии с настоящим изобретением предложено устройство задержки, состоящее из подложки, на которой размещена полоса настройки времени задержки и, возможно, калибровочная полоса, обе из энергетического материала. Использующийся здесь и в формуле изобретения "энергетический материал" означает взрывчатое вещество, пиротехнический или другой материал, который испускает энергию после инициации или зажигания. Энергетический материал может быть нанесен в виде пасты композициями, содержащими частицы энергетического материала, диспергированные в непрерывной жидкой фазе, при этом некоторые или все частицы энергетического материала могут быть наноразмерными частицами. Возможно, топливо и компоненты окислителя могут быть отдельно нанесены на подложку как отдельные слои топлива и окислителя, которые соприкасаются или, по крайней мере частично, лежат над друг другом. Настоящее изобретение также предусматривает печать на подложке полосы настройки времени задержки из энергетического материала и печать на той же самой или другой подложке калибровочной полосы из энергетического материала, подобного или идентичного энергетическому материалу

полосы настройки времени задержки, воспламенение калибровочной полосы и установление ее скорости горения, и модифицирование полосы настройки времени задержки для настройки ее времени горения из расчета, что полоса настройки

5 времени задержки имеет ту же самую скорость горения, что калибровочная полоса. Настоящее изобретение, таким образом, предусматривает подбор времени горения  
10 полос настройки времени задержки из энергетических материалов способом, аналогичным исследованию электронных единиц задержки, чтобы установить, что они должным образом запрограммированы для обеспечения желаемого "времени  
горения", то есть желаемого времени задержки. Массовое производство значительно  
увеличивает точность соблюдения времени задержки и точность устройства  
задержки с энергетическим материалом, например пиротехническим.

Настоящее изобретение также включает энергетический материал, состоящий из  
15 наноразмерных частиц, для печати или нанесения другим способом на подложку. В общем случае энергетический материал может включать частицы, диспергированные в непрерывной жидкой фазе ("паста"), и может быть напечатан, например, в форме  
полос настройки времени задержки и калибровочных полос, как описано ниже. Пасту, закрепленную на подложке, сушат или оставляют для высыхания или  
20 затвердевания.

Более точно, в соответствии с настоящим изобретением предложено устройство  
задержки, включающее подложку, на которой располагаются (а) по крайней мере  
одна полоса настройки времени задержки, имеющая начальную точку и точку  
25 выхода, и (b) калибровочная полоса, полоса настройки времени задержки и калибровочная полоса каждая содержат энергетический материал, например  
топливо и окислитель, способные к проведению реакции, высвобождающей энергию,  
вдоль полосы, калибровочная полоса и полоса настройки времени задержки  
достаточно разделены друг от друга, чтобы предотвратить воспламенение полосы  
30 настройки времени задержки калибровочной полосой. Энергетический материал может, по желанию, включать наноразмерные частицы.

В одном аспекте настоящего изобретения энергетический материал по меньшей  
мере полосы настройки времени задержки состоит по крайней мере из одного  
отдельного слоя топлива и по крайней мере одного отдельного слоя окислителя,  
35 один из слоев топлива и один из слоев окислителя по крайней мере частично налегают друг на друга.

В другом аспекте настоящего изобретения энергетический материал  
калибровочной полосы в значительной степени тот же самый, что энергетический  
40 материал полосы настройки времени задержки.

Один аспект настоящего изобретения предусматривает единицу задержки,  
включающую подложку, на которой размещаются по меньшей мере одна полоса  
настройки времени задержки, имеющая начальную точку и точку выхода, и  
включающая энергетический материал, способный к проведению реакции,  
45 высвобождающей энергию, вдоль полосы. Энергетический материал выбран из  
класса, состоящего из топлива и окислителя, и состоит по крайней мере из одного  
отдельного слоя топлива и по крайней мере одного отдельного слоя окислителя,  
слоя топлива и слоя окислителя, находящихся в контакте друг с другом.

50 Еще один аспект настоящего изобретения предусматривает, что полоса настройки  
времени задержки включает первую полосу, имеющую конечный зазор, например  
первая полоса может быть отделена конечным зазором от второй полосы, и  
мостиковую полосу, закрывающую конечный зазор, например, соединяя первую

полосу со второй полосой, чтобы закрыть конечный зазор. Первая полоса, возможная вторая полоса и мостиковая полоса в сумме определяют полезную длину полосы настройки времени задержки между местом входа и местом выхода.

5 Один аспект настоящего изобретения предусматривает устройство задержки, которое далее включает по меньшей мере одно из (а) устройство приема входного сигнала в линии передачи сигнала с начальной точкой полосы настройки времени задержки, и (b) устройство передачи сигнала в линии передачи сигнала с точкой  
10 выхода полосы настройки времени задержки, и в которой только один участок полосы настройки времени задержки закрыт по крайней мере одним из устройств, в связи с чем полезная длина полосы настройки времени задержки определяется размещением устройства или устройств.

15 Другие аспекты настоящего изобретения предусматривают устройство приема входного сигнала в линии передачи сигнала с местом входа полосы настройки времени задержки и устройством передачи заряда в линии передачи сигнала с местом выхода полосы настройки времени задержки. Возможно, множество полос  
20 настройки времени задержки могут соединяться в линии передачи сигнала в одном конце полосы настройки времени задержки к устройству приема входного сигнала, а в другом конце полосы настройки времени задержки к устройству передачи сигнала, чтобы обеспечить резервные полосы настройки времени задержки для инициирования устройства передачи сигнала.

25 В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения полоса настройки времени задержки состоит из основной части и дополнительной части. Полезная длина основной части больше, чем у дополнительной части, а скорость горения дополнительной части больше, чем основной части. Неравенство в  
30 соответствующих длинах и скоростях горения основной и дополнительной частей является достаточно большим, так что время горения дополнительной части незначительно по сравнению со временем горения основной части так, что время задержки устройства задержки определяется, главным образом, временем горения основной части.

35 Аспект метода настоящего изобретения предусматривает создание устройства задержки последовательными операциями, включающими расположение на подложке полосы настройки времени задержки, имеющей начальную точку и точку  
40 выхода, полосы настройки времени задержки, включающей энергетический материал, состоящий по меньшей мере из одного отдельного слоя топлива и по меньшей мере одного отдельного слоя окислителя, с одним из слоев топлива и одним из слоев окислителя, по крайней мере частично, лежащих один над другим, и  
45 далее, возможно, включающими размещение на подложке калибровочной полосы энергетического материала, достаточно отделенного от полосы настройки времени задержки, чтобы избежать воспламенения полосы настройки времени задержки калибровочной полосой.

45 Аспект другого метода изобретения предусматривает создание устройства задержки методом, включающим следующие стадии. (а) Полоса настройки времени задержки, имеющая начальную точку и точку выхода, размещается на подложке, полоса настройки времени задержки, включающая энергетический материал,  
50 имеющий данную скорость горения вдоль ее длины, и полезную длину полосы настройки времени задержки, являющуюся непрерывной длиной вдоль полосы настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода, полезная длина и скорость горения полосы настройки времени задержки определяют время

задержки устройства задержки. (b) Калибровочная полоса данной длины, имеющая начальную точку и точку выхода, располагается на подложке; калибровочная полоса состоит из энергетического материала, который в значительной степени идентичен активному материалу полосы настройки времени задержки. (c)

5 Калибровочная полоса воспламеняется, и время, которое требуется для горения калибровочной полосы от ее начальной точки до ее точки выхода, измеряется, чтобы установить скорость горения калибровочной полосы, (d) После выполнения шага (c) полезная длина полосы настройки времени задержки регулируется так, чтобы достигнуть желаемого времени задержки исходя из того, что скорость горения полосы настройки времени задержки идентична выявленной скорости горения калибровочной полосы.

15 Еще один аспект метода изобретения обеспечивает выполнение стадии (d) путем обеспечения одного или более преодолимых зазоров в полосе настройки времени задержки, или путем нанесения ускорителя на полосу настройки времени задержки, или путем нанесения замедлителя на полосу настройки времени задержки, или применением одного или обоих из устройств приема входного сигнала и устройства передачи сигнала, чтобы закрыть участок полосы настройки времени задержки для оставления полезной непокрытой длины полосы настройки времени задержки между устройствами, или путем первоначального размещения только участка полосы настройки времени задержки путем оставления по меньшей мере одного конечного зазора между местом входа и местом выхода полосы настройки времени задержки и закрытия промежутка или промежутков в полосе настройки времени задержки мостиковой полосой, обеспечивая непрерывную полосу настройки времени задержки от места входа до места выхода. Преодолимый зазор или зазоры, ускоритель и замедлитель подбираются и составляются, чтобы обеспечить желаемую скорость горения для отрегулированной полосы настройки времени задержки, которая, на основании скорости горения, установленной для калибровочной полосы, обеспечит желаемое время задержки для устройства задержки. Точно так же подбирается и составляется мостиковая полоса и размещаются устройство приема входного сигнала и/или устройство передачи сигнала, чтобы добиться для полосы настройки времени задержки такой полезной длины, которая, при скорости горения, установленной для калибровочной полосы, обеспечит желаемый период задержки для устройства задержки.

45 Различные аспекты настоящего изобретения предусматривают, что энергетический материал содержит наноразмерные частицы или частицы состоят главным образом из наноразмерных частиц. Энергетический материал, используемый в методах изобретения, может включать топливо и окислитель, и нанесенный энергетический материал может состоять по меньшей мере из одного отдельного слоя топлива и по меньшей мере одного отдельного слоя окислителя, одного из слоев топлива и слоев окислителя, по меньшей мере, частично покрывающих друг друга.

50 В общем случае по меньшей мере один из компонентов энергетического материала состоит из частиц, которые могут быть "наноразмерным" материалом, таким как "наноэнергетический материал", например "нанопиротехнический материал"; эти термины, использованные здесь, обозначают диапазон размера диаметра частицы от около 20 до около 1500 нанометров ("нм"), или любой подходящий меньший диапазон размера, но лежащий в пределах широкого диапазона около 20 до около 1500 нм. Например, диапазон размера диаметра

частицы может быть от около 40 до около 1000 нм, или от около 50 до около 500 нм, или от около 60 до около 200 нм, или от около 80 до около 120 нм, или от около 20 до около 100 нм. Частицы чрезвычайно небольшого размера, например наноразмерные частицы, ускоряют полезную реакцию вследствие тесного контакта между реактивными частицами и позволяют создавать полосы, имеющие очень малые предельные диаметры. Таким образом, полосы с очень маленькой площадью поперечного сечения способны поддерживать реакцию вдоль их длины вследствие того, что частицы энергетического материала имеют очень небольшой размер, например наноразмерный.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 - схематический вид плана устройства задержки в соответствии с одним вариантом реализации настоящего изобретения;

Фиг.2 - схематический вид продольного сечения детонатора задержки, оборудованного устройством задержки Фиг.1;

Фиг.2А - вид сечения, увеличенный по сравнению с Фиг.2 и взятый по линии А-А Фиг.2;

Фиг.3 - схематический вид плана устройства задержки Фиг.1 с двумя отдельными лежащими поверх слоями ламината, нанесенными на печатную поверхность;

Фиг.4 - схематический вид сбоку одного варианта реализации поточной линии для производства устройства задержки в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг.4А-4С являются схематическими видами плана, увеличенными по сравнению с Фиг.4, показывающими устройство задержки Фиг.1 на различных стадиях производства;

Фиг.5 - схематический вид плана устройства задержки в соответствии со вторым вариантом реализации настоящего изобретения;

Фиг.5А является схематическим видом сбоку, взятым по линии А-А Фиг.5;

Фиг.6 - схематический вид плана устройства задержки в соответствии с третьим вариантом реализации настоящего изобретения;

Фиг.6А - схематический вид сбоку, взятый по линии А-А Фиг.6;

Фиг.7 - схематический вид продольного сечения детонатора задержки, оборудованного устройством задержки Фиг.6;

Фиг.7А - вид сечения, увеличенный относительно Фиг.7 и взятый по линии А-А Фиг.7;

Фиг.7В - перспективный вид вкладыша цилиндрической формы, в который заделано устройство задержки, подобное представленному на Фиг.6;

Фиг.7С - неполный схематический вид, показывающий вкладыш Фиг.7В, заключающий в себе другой обычный детонатор;

Фиг.7D - вид сечения, взятый вдоль линии D-D Фиг.7С;

Фиг.7Е - вид, подобный Фиг.7D, но показывающий дополнительный вариант реализации вложенного устройства задержки, содержащегося внутри оболочки детонатора;

Фиг.8 - схематический вид устройства задержки в соответствии с четвертым вариантом реализации настоящего изобретения;

Фиг.9А - схематический вид устройства задержки в соответствии с пятым вариантом реализации настоящего изобретения на промежуточной стадии изготовления;

Фиг.9В - схематический вид плана устройства задержки Фиг.9 в более поздней стадии изготовления;

Фиг.10 - схематический вид сбоку одного варианта реализации поточной линии для производства устройства задержки в соответствии с первым методом настоящего изобретения;

5 Фиг.11 - схематический вид сбоку другого варианта реализации поточной линии для производства устройства задержки в соответствии со вторым методом настоящего изобретения;

10 Фиг.11А-11С являются схематическими видами, увеличенными по сравнению с Фиг.11, показывающими шестой вариант реализации устройства задержки настоящего изобретения на различных стадиях изготовления в поточной линии Фиг.11;

15 Фиг.12 - схематический вид только участка полосы настройки времени задержки на подложке устройства задержки в соответствии с седьмым вариантом реализации настоящего изобретения;

20 Фиг.13 - схематический вид только компонента полосы настройки времени задержки на подложке устройства задержки в соответствии с восьмым вариантом реализации настоящего изобретения;

Фиг.14 - схематический, детальный, перспективный вид устройства задержки в соответствии с девятым вариантом реализации настоящего изобретения;

25 Фиг.14А - схематический рисунок, уменьшенный в размере по сравнению с Фиг.14, показывающий стадии производства устройства задержки Фиг.14;

Фиг.15 - вид сечения детонатора задержки, содержащего устройство задержки Фиг.14;

30 Фиг.16 - схематический вид устройства задержки в соответствии с десятым вариантом реализации настоящего изобретения; и

Фиг.17А и 17В показывают стадии в производстве одиннадцатого варианта реализации настоящего изобретения.

#### 35 Осуществление изобретения

Если специально не заявлено иначе или если контекст отчетливо не требует другого, к методам и структурам применяются одинаково следующие описания, которые включают (1) энергетический материал, нанесенный как смесь топлива и окислителя, и (2) энергетический материал, в котором компоненты топлива и окислителя нанесены по отдельности. Когда наносят отдельные слои топлива и окислителя, несущественно, какой из слоев (топлива или окислителя) первым наносят на подложку. Таким образом, или слой топлива, или слой окислителя может быть верхним слоем, и могут быть нанесены два или больше чередующихся слоя, соответственно, топлива и окислителя, или отдельные слои могут просто контактировать с друг другом.

40 Энергетический материал может включать пиротехнический материал, состоящий из топлива и окислителя; например, пиротехнический материал может, но не обязательно, включать термитный материал. Энергетический материал может наноситься печатанием пастами из энергетического материала, которые затвердевают или сохнут на подложке. И топливо, и частицы окислителя могут быть диспергированы в непрерывной жидкой фазе одной и той же пасты. В качестве альтернативы одна паста может включать наноразмерные топливные частицы, диспергированные в непрерывной жидкой фазе, а другая паста может включать наноразмерные частицы окислителя, диспергированные в непрерывной жидкой фазе. Наноразмерными частицами может быть либо только одна из частиц топлива и частиц окислителя, либо только некоторые из частиц каждого, либо все частицы. По

меньшей мере один из компонентов энергетических материалов может иметь нанозоль-гельную структуру, такую как золь-гель нанопористого оксида железа.

На фиг.1 схематически показано устройство задержки 10, включающее подложку 12, на которую напечатана или нанесена иным образом полоса настройки  
5 времени задержки 14, состоящая из первой полосы 14а, второй полосы 14b и мостиковой полосы 14с. Участок полосы настройки времени задержки 14, состоящий в данном варианте реализации из первой полосы 14а, представлен в пилообразной конфигурации с целью увеличения ее полезной длины. Конечный зазор в полосе  
10 настройки времени задержки 14 перекрыт мостиковой полосой 14с. Здесь и в формуле "конечный зазор" означает щель в полосе настройки времени задержки, которая является достаточно большой, чтобы прервать передачу сигнала воспламенения вдоль полезной длины полосы настройки времени задержки. В  
15 варианте реализации, представленном Фиг.1, конечный зазор находится между первой полосой 14а и второй полосой 14b, то есть он расположен на промежуточном участке полосы настройки времени задержки 14. В других вариантах реализации конечный зазор может быть в конце полосы настройки  
20 времени задержки, так чтобы мостиковая полоса соединяла конечный зазор между одним концом полосы настройки времени задержки и точкой выхода или устройством передачи сигнала, в зависимости от местоположения конечного зазора. Несмотря на то, что в одной полосе настройки времени задержки может иметься  
25 больше чем один конечный зазор, обычно это не является необходимым и приводит только к усложнению расчета длины и конфигурации мостиковой полосы, требуемой для достижения определенного времени задержки. Калибровочная полоса 20  
надпечатывается или иным образом наносится на подложку и находится в линии передачи сигнала от начального воспламеняющего элемента 22 в начальной точке  
30 калибровочной полосы 20, к конечному воспламеняющему элементу 24 в точке выхода калибровочной полосы 20. Полоса настройки времени задержки 14 и калибровочная полоса 20 состоят из энергетического материала, например  
наноэнергетического материала. Наноэнергетический материал может быть нанопиротехническим материалом. Калибровочная полоса 20 и связанные с ней  
35 устройства 22, 24 размещены на расстоянии и не контактируют с полосой настройки времени задержки 14 или со связанными с нею устройствами 16 и 18, которые описаны ниже.

Подложка 12 может быть сделана из любого подходящего материала, как обычная плата печатной схемы, такого как укрепленная стекловолокном  
40 пластмасса, керамика, или любой подходящий материал, или комбинация материалов. Например, подложка может включать непроводящий электричество материал, или материал, имеющий электронепроводящий поверхностный слой, на котором напечатана полоса настройки времени задержки и, возможно,  
калибровочная полоса (как описано ниже). Подложка 12, возможно, может быть  
45 сделана из энергетического материала, или у нее может быть покрытие из энергетического материала на поверхности (ниже иногда называемое "активная поверхность"), на которое нанесены различные полосы. Используемые здесь  
"реакционная" подложка или покрытие означают, что подложка или покрытие  
50 участвуют в реакции горения полосы или полос энергетического материала. Например, подложка или покрытие, которое поставляет кислород для реакции горения, такое как кислородсодержащее соединение металла, например нитрат калия, были реактивной подложкой или покрытием.

Существенное преимущество настоящего изобретения состоит в том, что оно дает возможность наладки полосы настройки времени задержки, такой как полоса настройки времени задержки 14, основываясь на результате, достигнутом путем срабатывания калибровочной полосы, такой как калибровочная полоса 20. Эта настройка может быть выполнена рядом различных способов, как описано ниже в связи с некоторыми из чертежей. В общем случае регулировка полосы настройки времени задержки может включать одну или несколько из стадий: добавление к ней ускорителя или замедлителя, чтобы или увеличить, или уменьшить скорость горения полосы настройки времени задержки; обеспечение одного или более преодолимых зазоров в полосе настройки времени задержки, чтобы замедлить скорость горения; регулировку полезной длины полосы настройки времени задержки или нанесением сначала только части полосы настройки времени задержки и таким завершением полосы настройки времени задержки, чтобы передать ей фиксированную полезную длину, основанную на скорости горения, определенной из срабатывания калибровочной полосы; или размещение одного или обоих устройств, таких как устройства 16 и 18, описанные ниже, так, чтобы оставить между ними желаемую непокрытую (устройствами) полезную длину полосы настройки времени задержки.

У полосы настройки времени задержки 14 есть начальная точка 14d и точка выхода 14e. "Полезная длина" полосы настройки времени задержки является непрерывной длиной вдоль настраиваемой полосы между ее начальной точкой и точкой выхода. Таким образом, полезная длина полосы настройки времени задержки 14 начинается в начальной точке 14d, пересекает часть первой полосы 14a к первой точке пересечения  $I_1$  с мостиковой полосой 14c, пересекает часть соединения полосы 14c к второй точке пересечения  $I_2$  со второй полосой 14b и затем пересекает часть второй полосы 14b между вторым  $I_2$  пункта - пересечения и точкой выхода 14e. Видно, что конечные участки полос 14a и 14b исключаются из полезной длины полосы настройки времени задержки 14 из-за специфического местоположения точек пересечения  $I_1$  и  $I_2$  в показанном на чертеже варианте реализации. Точно так же наконечники мостиковой полосы 14c исключены из полезной длины полосы настройки времени задержки 14, потому что они находятся за пределами первого и второго пересечения, чтобы обеспечить хорошую связь между мостиковой полосой 14c и полосами 14a и 14b.

Начальная точка 14d связана в линию передачи сигнала с устройством приема входного сигнала 16, расположенным на подложке 12, а точка выхода 14e находится в линии передачи сигнала с устройством передачи сигнала 18, также расположенном на подложке 12. Устройство приема входного сигнала 16 и устройство передачи сигнала 18 печатаются на подложке 12 способом, подобным или идентичным тому, который использовался для печати полосы настройки времени задержки 14 и калибровочной полосы 20. В качестве альтернативы устройства 16 и 18 могут наноситься на подложку 12 любыми другими подходящими способами. Устройства 16 и 18 могут, но не обязательно, состоять из активных наноматериалов.

В различных вариантах реализации изобретения полоса настройки времени задержки размещается на подложке и имеет начальную точку, которая помещается так, чтобы получать входной сигнал, а точка выхода расположена на расстоянии от начальной точки и помещена так, чтобы инициировать выходящий сигнал. Длина полосы настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода, то есть продольное расстояние вдоль полосы настройки времени задержки между ее начальной точкой и точкой выхода, является ее полезной длиной; время горения

5 полезной длины полосы настройки времени задержки определяет временную задержку между моментом приема полосой настройки времени задержки входного сигнала и инициированием ею выходного сигнала. Полоса настройки времени задержки может конфигурироваться прямой, изогнутой, зигзагом или другим  
10 образом, чтобы обеспечить желательную полезную длину полосы настройки времени задержки. Возможно, подложка может быть реакционной подложкой, которая участвует или способствует реакции энергетического материала в полосе настройки времени задержки (и, возможно, в калибровочной полосе, как описано ниже).

15 В общем случае устройство приема входного сигнала на месте входа полосы настройки времени задержки находится на линии передачи сигнала с выходом запальной цепи, а устройство передачи сигнала на точке выхода полосы настройки времени задержки находится в линии передачи сигнала с выходным взрывным зарядом взрывного устройства, такого как детонатор задержки, содержащий в себе устройство задержки изобретения. Таким образом, как правило, одно или оба из: (1)  
20 устройство приема входного сигнала располагают в линии передачи сигнала между выходом запальной цепи и начальной точкой полосы настройки времени задержки, и (2), устройство передачи сигнала расположено в линии передачи сигнала с точкой выхода полосы настройки времени задержки. Устройство приема входного сигнала и устройство передачи сигнала могут размещаться на подложке путем печатания или любыми другими подходящими средствами.

25 Пилообразная конфигурация некоторых из полос используется только для обеспечения более длинной полезной длины полосы в пределах ограниченного пространства, предоставленного подложкой 12. Очевидно, может быть использован любой подходящий рисунок полос (спиральный, змеевидный и т.д.). Подложка 12 может, конечно, иметь любой размер, подходящий для намеченного использования  
30 устройства задержки. Для устройства задержки, которое предназначено для использования в оболочке детонатора стандартного размера, как описано ниже, ширина подложки 12 обычно выбиралась так, чтобы почти точно соответствовать внутреннему диаметру оболочки детонатора, так чтобы плотно к ней прилегать. Каркас установки (не показанный), подогнанный по размеру, чтобы плотно  
35 прилегать внутри оболочки детонатора, возможно, может быть использован для опоры подложки 12, которая была бы подогнана по размеру так, чтобы соответствовать каркасу установки. Подложка 12 обычно могла бы иметь длину от около одной четверти дюйма (0,64 см) до около к 1,2 дюймов (3,05 см), чтобы легко  
40 прилегать внутри оболочки детонатора стандартного размера. Подложка 12, которая может быть сделана из обычной печатной платы, должна быть только достаточно толстой, чтобы обеспечить достаточную жесткость и механическую прочность, для того чтобы ее использовали во время изготовления и установки во взрывном устройстве без физического искажения полос на активной поверхности.  
45 Например, подложка 12 может быть толщиной от около 1/16 до 1/8 дюйма (от 0,159 до 0,318 см). Стрелки S и E на Фиг.1 описаны ниже.

50 Устройство задержки 10 может быть изготовлено следующим способом. На подходящую подложку 12 напечатывают (или наносят иначе) первую полосу 14а, вторую полосу 14б и полосу калибровки 20. Между полосами 14а и 14б оставляют конечный зазор. Полосы 14а, 14б и 20 (иногда, с мостиковой полосой, все вместе упоминающиеся ниже как "нанесенные полосы") все напечатываются или наносятся иначе из той же самой партии пасты или из идентичных партий пасты. Начальный

воспламеняющий элемент 22 и конечный воспламеняющий элемент 24 могут напечатываться или наноситься иначе на подложку 12 любыми подходящими способами и могут, но не обязательно, наноситься на подложку 12 одновременно с нанесением полос 14a, 14b и 20. Устройство приема входного сигнала 16 и устройство передачи сигнала 18 наносятся на активную поверхность подложки 12 любыми подходящими способами. Устройства 16, 18, 22 и 24 могут, но не обязательно, состоять из наноразмерных материалов.

Устройство задержки 10 может быть подвергнуто воздействию испытательного устройства, которое зажигает начальный воспламеняющий элемент 22. Точное измерение отрезка времени, требуемого для того, чтобы калибровочная полоса 20 сгорела и зажгла конечный воспламеняющий элемент 24, осуществляется любым подходящим измерительным прибором. Отрезок времени, необходимый для того, чтобы калибровочная полоса 20 сгорела от элемента 22 в месте входа калибровочной полосы 20 до элемента 24 в месте выхода калибровочной полосы 20, например, легко измеряется с помощью электроники, посредством измерения времени задержки между двумя вспышками, вызванными элементами 22 и 24. Этот измеренный временной интервал и известная длина калибровочной полосы 20 позволяют легко рассчитать скорость горения (расстояние в единицу времени, например, сантиметры в секунду) калибровочной полосы 20. Скорость горения калибровочной полосы 20 будет в значительной степени идентична скорости горения полосы настройки времени задержки 14, потому что полоса настройки времени задержки 14 печатается из тех же самых или идентичных партий пасты из энергетических материалов, как калибровочная полоса 20, и, предпочтительно, во время той же самой технологической операции и при тех же самых условиях печати. Предпочтительно, чтобы полоса настройки времени задержки и калибровочная полоса имели идентичную толщину и ширину и располагались на той же самой подложке или на идентичном материале подложки, чтобы способствовать горению полосы настройки времени задержки 14 и калибровочной полосы 20 со в значительной степени идентичными скоростями. В других вариантах реализации полоса настройки времени задержки 14 полностью выполнена из тех же самых паст из энергетического материала, какие использовались для калибровочной полосы 20.

Как только становится известна скорость горения, а именно скорость перемещения сигнала вдоль полосы настройки времени задержки 14, конфигурация мостиковой полосы 14c и ее точки пересечения с первой полосой 14a и второй полосой 14b могут быть выбраны так, чтобы полезная длина горения от начальной точки 14d до точки выхода 14e дала желаемый период задержки для устройства задержки 10. Мостиковая полоса 14c наносится после нанесения полос 14a и 14c в случаях, когда должна использоваться калибровочная полоса 20 для определения полезной длины полосы настройки времени задержки 14. Как только она определена, последующие устройства задержки 10 могут быть произведены нанесением полос 14a, 14b и 14c без использования калибровочной полосы 20. Следовательно, полосы 14a, 14b и 14c могут быть нанесены одновременно или в любом желаемом порядке. Калибровочная полоса 20 может использоваться, когда используются новые партии пасты из активных материалов, или через определенные интервалы, как критерий контроля качества. Полезная длина полосы настройки времени задержки 14, необходимая для обеспечения определенного периода задержки, точно определяется деструктивным тестированием калибровочной полосы 20.

После того, как нанесенные полосы и заряды высохнут или затвердеют, для устройства задержки 10 может быть выполнена любая желаемая постпечатная обработка или процесс, такой как дополнительное нанесение лака, ламината или другого покрытия на "активную поверхность" (поверхность подложки 12, на которую нанесены полосы). В альтернативном варианте, или в дополнение, может использоваться герметизирующий компаунд, чтобы защитить полосу настройки времени задержки 14 или ее участки, и/или устройства 16 и 18. Возможный ламинат, или покрытие, может быть инертным к реакции горения, или оно может включать окислитель, или топливо, или оба, которые участвуют в реакции горения напечатанных полос. Например, чередующиеся слои топлива и окислителя могут наноситься как покрытие поверх нанесенных полос. В одном варианте реализации слой окислителя может непосредственно наноситься поверх нанесенных полос, покрываться слоем топлива, который, в свою очередь, покрывается другим слоем окислителя. Отдельные окислители и топлива, годные к употреблению в нанесенных полосах и в возможных слоях покрытия, описаны ниже. Окислитель и/или топливные слои покрытия ("реакционный слой (слои)") могут наноситься с разрывом между реакционным слоем (слоями), лежащим над калибровочной полосой 20, и теми, которые лежат поверх полосы настройки времени задержки 14, чтобы гарантировать, что воспламенение калибровочной полосы 20 не воспламенит также полосу настройки времени задержки 14.

Полоса настройки времени задержки 14 и калибровочная полоса 20 могут наноситься на подложку 12 любым подходящим способом печати или нанесения, таким как используемые в печатной и графической отраслях промышленности. Они включают, в качестве иллюстрации, а не ограничения, шелкографию, струйную печать, расписывание по трафарету, переводную печать, гравюрную печать и другие такие методы.

Вариант реализации, иллюстрированный Фиг.1, может конфигурироваться так, чтобы обеспечить любое желаемое время задержки, от максимального, достигающегося путем использования полной длины второй полосы 14b и первой полосы 14a, до минимального, достигающегося путем надпечатывания мостиковой полосы 14c, чтобы обеспечить самый короткий путь вдоль полосы настройки времени задержки между устройствами 16 и 18. Например, конфигурация полос, изображенных на Фиг.1, может быть изменена любым числом способов. Таким образом, выбирая конфигурацию (прямая линия, пилообразная, изогнутая линия и т.д.) мостиковой полосы 14c и точек на первой полосе 14a и второй полосе 14b, с которыми связана мостиковая полоса 14c, полезная длина полосы настройки времени задержки 14 может настраиваться по желанию. Другие приемы включают исполнение участков прямых линий одной или больше полос в пилообразной конфигурации, или наоборот, или иное изменение конфигурации полос, чтобы достигнуть любого из большого числа времен задержки.

Следует принять во внимание, что для рисунка полосы, показанного на Фиг.1, могут быть сделаны многочисленные изменения. Например, вторая полоса 14b может быть пропущена, и полоса соединения 14c может быть напечатана вдоль любого желаемого пути, прямой линии, пилообразного, прямого или обходного, между любой выбранной точкой на первой полосе 14a и устройством передачи сигнала 18 из Фиг.1.

В некоторых вариантах реализации участки полосы настройки времени задержки 14, например мостиковая полоса 14c и, возможно, вторая полоса 14b,

могут включать энергетический материал, который горит с существенно более быстрой скоростью, чем первая 14а. В этом способе быстрее горящая полоса или полосы сделаны столь короткими, насколько возможно, и их состав выбран так, чтобы гореть с такой высокой скоростью, насколько возможно, чтобы полное время горения полезной длины быстрее горящей полосы или полос было незначительно по сравнению со временем горения первой полосы 14а. Таким образом, упрощаются расчеты конфигурации и размещения мостиковой полосы 14с, поскольку во внимание должна приниматься только полезная длина первой полосы 14а, которая дает желаемое время задержки. Например, обращаясь к Фиг.1, первая часть 14а может состоять из энергетического материала с относительно медленной скоростью горения, а второй участок 14b и мостиковый участок 14с могут быть изготовлены из энергетического материала с относительно высокой скоростью горения. Суммарная длина мостикового участка 14с и второй части 14b может быть выполнена намного короче, чем длина первой части 14а, так что вторая часть 14b и часть соединения 14с вместе составляют "дополнительную часть" (от полезной длины) полосы настройки времени задержки 14, а первая часть 14а составляет "основную часть" полезной длины полосы настройки времени задержки 14. Длина первой части 14а, которая включается в полезную длину полосы настройки времени задержки 14, определена точкой на первой части 14а, которая пересекается мостиковым участком части 14с. Если различия в скоростях горения и соответствующих длинах основной и дополнительных частей будут достаточно большими, то время горения вдоль участков 14b и 14с ("дополнительная часть") будет незначительно по сравнению со временем горения вдоль той части первой части 14а, которая включена в полезную длину полосы настройки времени задержки 14 ("основная часть"). "Время горения" является отрезком времени, который требуется для перемещения сигнала вдоль указанного участка (длины) полосы настройки времени задержки. В других вариантах реализации вторая часть 14b удалялась, и для соединения первой части 14а с устройством передачи сигнала 18 использовалась только мостиковая полоса 14с. В любом случае использование высокой скорости горения энергетического материала наряду с относительно медленной скоростью горения первой части 14а для связи выбранного местоположения с устройством передачи заряда 18 упрощает расчеты, поскольку для определения периода задержки во внимание должно быть принято только время горения учтенной длины первой части 14а.

Фиг.2 показывает схематическое исполнение устройства задержки 10 из Фиг.1, включенной в другой обычный детонатор. Фиг.2 показывает детонатор 26, включающий оболочку 28, имеющую замкнутый конец 28а и открытый конец 28b. Взрывной заряд, например выходной заряд детонатора 30, имеющий инициирующий заряд из азиды свинца 30а и основной заряд из пентаэритриттетранитрата (PETN) 30b, содержится в оболочке у замкнутого конца 28b. В открытый конец 28b детонатора 26 входит запальная цепь, в нарисованном варианте, ударная трубка 32, которая содержит энергетический материал (не показан), покрывающий ее внутреннюю стенку 32а. Втулка 34 располагается так, чтобы закрыть открытый конец 28b и удерживается на месте бортиком 28с, сформированным в оболочке 28, чтобы изолировать содержимое оболочки 28 от окружающей среды, что общеизвестно в данной области. Вместо обычного пиротехнического устройства задержки, вставленного между выходным концом 32b ударной трубки 32 и выходным зарядом детонатора 30, здесь представлено устройство задержки 10 из

Фиг.1. Обычные компоненты детонатора 26, такие как изоляционная крышка для предотвращения случайного разряда статического электричества, дисковые уплотнительные прокладки, уплотнительные кольца и т.д., на схеме Фиг.2 опущены, поскольку такие приемы известны опытным специалистам и не являются частью настоящего изобретения.

Как известно квалифицированным специалистам в этой области, устройство инициирования (не показанное) зажигает энергетический материал, содержащийся внутри ударной трубы 32. Получающийся входной сигнал (представленный на Фиг.1 стрелкой S) перемещается через ударную трубу 32 и инициирует устройство приема входного сигнала 16, которое, в свою очередь, зажигает первую полосу 14a в ее месте входа 14d. Сначала полоса 14a горит, а через некоторое время зажигает мостиковую полосу 14c, которая, в свою очередь, зажигает вторую полосу 14b. Когда горение второй полосы 14b достигает точки выхода 14e, зажигается устройство передачи сигнала 18, и выходящий сигнал энергии (представленный стрелкой E на Фиг.1), созданный таким образом, зажигает инициирующий заряд 30a, который, в свою очередь, зажигает главный заряд 30b, обеспечивая таким образом выход энергии взрыва детонатора 26.

Устройство задержки настоящего изобретения может быть вставлено в оболочку обычного детонатора 28 (Фиг.2 и 2A) и сконфигурировано так, чтобы оставить значительный объем свободного пространства 29a, 29b с обеих сторон устройства задержки 10 внутри оболочки 28, как показано на Фиг.2A. Внутренний диаметр D (Фиг.2A) оболочки обычного детонатора 28 составляет 0,256 дюйма (0,650 см). Понятно, что устройства задержки настоящего изобретения могут комбинироваться с любым подходящим устройством; их комбинирование с детонатором задержки является всего лишь одним из многих потенциальных способов их использования.

Как отмечено выше, процесс производства обычных пиротехнических элементов задержки включает заполнение трубы из свинца, или сплава олова со свинцом, пиротехническим составом и сжатие трубы до значительно уменьшенного диаметра. Эта сложная стадия обработки устраняется реализацией настоящего изобретения, в котором для создания пиротехнической задержки необходима только операция печати. Настоящее изобретение, таким образом, значительно уменьшает материальные затраты и производственные расходы, предоставляя при этом пиротехнические задержки значительно повышенной точности.

Настоящее изобретение также предоставляет возможность обеспечения и использования калибровочной полосы на подложке для дальнейшего увеличения точности времен задержки, обеспечиваемых полосой настройки времени задержки 14. Калибровочную полосу можно размещать на той же самой подложке, на которой размещают полосу настройки времени задержки, или ее можно размещать на отдельной тестовой подложке. Полосу настройки времени задержки и калибровочную полосу можно наносить из той же самой пасты или нескольких паст почти одновременно и при тех же самых или подобных условиях, чтобы помочь обеспечить их равную или почти равную скорость горения. Возможно, по меньшей мере одну из, а предпочтительно обе, полосу настройки времени задержки и, возможно, калибровочную полосу наносят как отдельные слои топлива и окислителя. Несмотря на соблюдение максимальной осторожности при получении энергетических материалов, включая энергетические пасты, что предусматривается настоящим изобретением, тем не менее от партии до партии происходят изменения. Приготовление калибровочной полосы, которая в значительной степени идентична

всей или участку полосы настройки времени задержки, использование калибровочной полосы во время производственного процесса для определения скорости горения вдоль калибровочной полосы, и регулирование соответствующим образом полосы настройки времени задержки дают возможность чрезвычайно строгого контроля и воспроизводимости желаемого периода задержки. Это преимущество недоступно для обычных пиротехнических устройств задержки и технологий производства.

Фиг.3 показывает устройство задержки 10 из Фиг.1, на которое были нанесены первый реакционный слой 36 и второй реакционный слой 38. Реакционный слой 36 расположен над начальным воспламеняющим элементом 22, калибровочной полосой 20 и конечным воспламеняющим элементом 24. Реакционный слой 36 является отделенным, то есть не прилегает к реакционному слою 38, который расположен над устройством приема входного сигнала 16, устройством передачи сигнала 18 и полосой настройки времени задержки 14. Это должно предотвратить воспламенение калибровочной полосы 20 от воспламенения полосы настройки времени задержки 14. В некоторых случаях реакционный слой будет гореть только вдоль пути полосы, то есть будет гореть только та часть первого реактивного слоя 36, которая находится в контакте с калибровочной полосой 20 (и устройства 22 и 24). В таком случае не является необходимым изолировать первый реакционный слой 36 от второго реакционного слоя 38. В случаях, когда слой покрытия или ламината не является реакционным слоем, изоляция слоя покрытия по калибровочной полосе 20 от слоя покрытия по полосе настройки времени задержки 14 не является необходимой.

Теперь обратимся к Фиг.4, где схематично показана поточная линия для производства устройства задержки данного изобретения. Бесконечная конвейерная лента 40 перемещает множество подложек 12 последовательно вдоль первой печатающей головки 42, которая наносит на подложку 12 соответствующие пасты из энергетического материала. Пасты могут включать частицы энергетического материала, диспергированного в непрерывной жидкой фазе. Непрерывная жидкая фаза может быть инертной или, возможно, может включать в себя активный компонент энергетического материала. После нанесения пасты сохнут или затвердевают, оставляя за собой одну или более полос затвердевшего или высушенного энергетического материала, остающихся на подложке. Первая печатающая головка 42, таким образом, наносит на подложку 12 полосу калибровки 20, первую полосу 14a и вторую полосу 14b. Между полосами 14a и 14b оставляют конечный зазор. Калибровочная полоса 20 наносится между воспламеняющим элементом начала калибровки 22 и воспламеняющим элементом конца калибровки 24. Один конец первой полосы 14a соприкасается с устройством приема входного сигнала 16, и один конец второй полосы 14b соприкасается с устройством передачи сигнала 18. Устройства 16, 18, 22 и 24 наносились на подложку 12 до того, как подложка 12 каналила под первой печатной головкой 42. Однако устройства 16, 18, 22 и 24 или некоторые из них, могли наноситься после канала подложки 12 под первой головкой печати 42 или в значительной степени одновременно с этим. Фиг.4А показывает подложку 12 в момент выхода из сушильной печи 44 и до входа в испытательный блок 46.

Как показано на Фиг.4, после оставления первой печатающей головки 42 подложка 12 с полосами 14a, 14b и 20, напечатанными на ее активной поверхности, каналит через сушильную печь 44, в которой нанесенные полосы полностью

высушиваются. Свеженапечатанная подложка 12 каналит под испытательным блоком 46, в котором зажигается стартовый заряд калибровочной полосы 22. Отрезок времени, требуемый для того, чтобы калибровочная полоса 20 полностью сгорела и зажгла воспламеняющий элемент конца калибровки 24, измеряется 5 любыми подходящими способами. Фиг.4В показывает подложку 12 после воспламенения зарядов калибровки 22 и 24 и калибровочную полосу 20 и перед входом подложки 12 во вторую печатающую головку 48. Обычно оптическое считывающее устройство измеряет время между вспышкой, возникшей при 10 воспламенении воспламеняющего элемента начала калибровки 22 и воспламеняющего элемента конца калибровки 24. Эта величина записывается в испытательном блоке 46 и используется для расчета скорости горения калибровочной полосы 20. Приняв ту же самую скорость горения для полезной 15 длины полосы настройки времени задержки 14 (Фиг.4С), рассчитывают необходимое местоположение пересечений (показанные как  $I_1$  и  $I_2$  на Фиг.1) для соединения первой полосы 14а со второй полосой 14b. Линия 50 соединяет испытательный блок 46 со второй печатающей головкой 48, чтобы контролировать местоположение и рисунок мостиковой полосы 14с, наносимой второй печатающей головкой 48 для 20 перекрывания конечного зазора между полосами 14а и 14b с целью обеспечения полезной длины полосы настройки времени задержки 14 (Фиг.4С) и обеспечения желаемого времени задержки. Устройство задержки 10 выпускается с конвейерной ленты 40 для дальнейшей обработки, или хранения, или использования.

Осуществления на практике настоящего изобретения обеспечивают очень ценную 25 возможность настроить каждую временную полосу, чтобы обеспечить тщательно контролируемое правильное и точное время горения и соответствующий период задержки. Такое индивидуальное регулирование ранее было доступно только для более дорогих электронных устройств задержки. При некоторых обстоятельствах, 30 однако, может быть целесообразно проверять путем воспламенения калибровочной полосы 20 только выборочные образцы данного производства. Например, каждая десятая, каждая пятидесятая или каждая сотая из подложек 12 могут быть проверены воспламенением калибровочной полосы 20. Частота, с которой проверяются подложки или устройства задержки, должна быть определена экспериментально для 35 данной технологической операции, чтобы обеспечить необходимую степень контроля правильности и точности устройств задержки, предоставленных отдельным производственным процессом и используемыми материалами. Естественно, тестирование каждого устройства обеспечивает максимальную степень 40 контроля качества для точности и точности периода задержки.

#### Пример 1

Все наноразмерные материалы, используемые в этом Примере, являются коммерчески доступными материалами, поставляемыми Nanotechnologies Inc, Остин, 45 Техас. Смешивание наноразмерных материалов с жидкостью выполнялось путем загрузки наноразмерных материалов и жидкости в стаканы из нержавеющей стали и помещения в смесь ультразвукового излучателя, который работал периодически с 50 равной продолжительностью периодов включения-выключения, при этом стакан вращался вокруг излучателя. Смешивание проводилось в течение около четырнадцати минут, при этом температура смеси в результате ультразвукового смешивания повысилась от около 19°C до около 45°C. Затем смесь декантировали в сосуд из нержавеющей стали, чтобы сформировать тонкую пленку в емкости, которая нагревалась до 70° в течение 1,5 часа. Полученный высушенный материал

отслаивали от емкости с помощью щетки и собирали. Каждый раз собранный высушенный материал перемешивали с нитроцеллюлозным лаком следующим образом:

0,18 миллилитра (мл) н-бутилацетата

0,13 мл нитроцеллюлозного лака

0,24 граммов собранного высушенного материала

Объединенные материалы тщательно механически перемешивали и помещали в пластмассовый шприц, на который был надет игольный наконечник с диаметром 10 полый иглы 0,0052 дюймов (0,1321 миллиметра).

Полученные "пасты" наносились через наконечник иглы на чистую алюминиевую пластину в виде прямолинейных и фигурных (волнистых) линий. Нанесенные линии оставляли до полного высыхания путем испарения летучих компонентов лака.

Образец 1А

Наноразмерные материалы:

0,6 г частиц  $\text{MoO}_3$  с диаметром от 500 до 1000 нм

0,4 г частиц Al с диаметром 80 нм

Жидкость: 83,4 г гексана

20 Особенности испытания на сжигание нанесенных линий: сгорают очень энергично, полностью и практически без образования дыма.

Образец 1В

Наноразмерные материалы:

0,561 г частиц  $\text{TiO}_2$  диаметра на 500-1000 нм

0,44 г частиц Al с диаметром 80 нм

Жидкость: 90 г изопропилового спирта

25 Особенности испытания на сжигание нанесенных линий: горели значительно медленнее, чем материал Образца 1А, но сгорали полностью, и практически без образования дыма.

30 Что касается Фиг.5 и 5А, на них схематично показано устройство задержки 110, включающее в себя подложку 112, на которую печаталась или наносилась другим способом полоса настройки времени задержки 114, состоящая из полос топливного слоя 114а, покрытых слоем окислителя 114б. Как показано на Фиг.5, слой окислителя 114б шире топливного слоя 114а и перекрывается с ним, что отображено на Фиг.5 пунктирной линией. Поскольку все сопроводительные чертежи являются схематическими и нарисованными не в масштабе, следует принимать во внимание, что они показывают свободный диапазон относительно широких (Фиг.5-6А) и узких (Фиг.11А-11С) временных полос, составляющих их полос (Фиг.11А-11С) и калибровочных полос (Фиг.6 и 11А-11С). Однако из схематических чертежей не следует делать вывод о фактических отношениях длины к диаметру, и при этом термин «полоса» не должен пониматься как необходимость нитевидной конфигурации, хотя такое не исключается. В общем случае малая ширина (и 45 толщина) относительно длины желательна для уменьшения количества энергетического материала, необходимого для данного устройства задержки, при условии, что полосы являются достаточно широкими и толстыми, чтобы гарантировать надежное распространение сигнала.

50 У полосы настройки времени задержки 114 есть начальная точка 114с и точка выхода 114д с расстоянием между этими двумя точками, определяемым как "полезная длина" полосы настройки времени задержки 114. Начальная точка 114с связана в линию передачи сигнала с устройством приема входного сигнала 116,

расположенным на подложке 112, а точка выхода 114d находится в линии передачи сигнала с устройством передачи сигнала 118, также расположенным на подложке 112. Устройство приема входного сигнала 116 и устройство передачи сигнала 118 могут наноситься на подложку 112 способом, подобным или  
5 идентичным тому, который использовался для печатания или нанесения другим способом полосы настройки времени задержки 114 на подложку 112. В качестве альтернативы устройства 116 и 118 могут наноситься на подложку 112 любыми другими подходящими средствами. Устройства 116 и 118 могут, но не обязательно,  
10 состоять из энергетических наноразмерных материалов или они могут состоять из обычных взрывчатых материалов.

Нанесение топливного слоя 114a и слоя окислителя 114b в отдельных операциях дает важное преимущество в безопасности, поскольку это позволяет избежать  
15 необходимости смешивания компонентов топлива и окислителя в одной пасте и затем работать с полученным энергетическим материалом и наносить его на подложку 112. При раздельном нанесении компонентов топлива и окислителя может использоваться более безопасная и менее дорогая операция, по сравнению с  
20 обработкой заранее перемешанной реакционной композиции. Отдельное нанесение топлива и окислителя устраняет потребность в определенных предосторожностях, которые необходимы при обращении с реакционными смесями топлива и окислителя. Такие предосторожности включают использование защитных  
25 ограждений от взрыва, поддержание условий температуры и влажности, которые уменьшают вероятность случайного воспламенения реакционной смеси, и принятие мер предосторожности для предотвращения электростатических разрядов, способных поджечь реакционную смесь.

Подложка 112 может быть выполнена из любого подходящего материала, такого как плата печатной схемы, укрепленная стекловолокном пластмасса, керамика, или  
30 любой подходящий материал, или комбинация материалов. Например, подложка может включать неэлектропроводный материал или материал, имеющий неэлектропроводный поверхностный слой, на котором напечатана полоса настройки времени задержки 114 и, возможно, калибровочная полоса (как описано  
35 ниже). Подложка 112 может, по желанию, быть сделана из энергетического материала или иметь на поверхности покрытие из энергетического материала (иногда ниже называемая "активная поверхность"), на которой размещены полоса настройки времени задержки, возможно, калибровочная полоса и устройства приема входного сигнала и передачи сигнала (описанные ниже). Используемый здесь  
40 термин "реакционный" для подложки или покрытия означает подложку или покрытие, участвующие в реакции горения полосы или полос энергетического материала. Например, подложка или покрытие на активной поверхности 112a, поставляющие кислород для реакции горения полосы настройки времени задержки или калибровочной полосы, такие как кислородсодержащее соединение металла,  
45 например нитрат калия, были реакционной подложкой или покрытием.

Подложка 112 может, конечно, иметь любой размер, подходящий для  
50 означенного использования устройства задержки. Для устройства задержки, предназначенного для использования в оболочке детонатора стандартного размера, как описано ниже, подложка 112 обычно имеет ширину, выбранную примерно равной внутреннему диаметру оболочки детонатора, для обеспечения плотного прилегания внутри. Возможно, может использоваться каркас установки (не показанный), подогнанный по размеру для плотного прилегания внутри оболочки

детонатора, и тогда подложку 112 подгоняют по размеру для соответствия каркасу установки. Подложка 112 может иметь длину от около одной четверти дюйма (0,64 см) до около 1,2 дюймам (3,05 см), чтобы легко вмещать оболочку детонатора стандартного размера. Подложка 112, которая может быть сделана из обычной  
5 платы печатной схемы, должна только иметь достаточную толщину для обеспечения достаточной жесткости и механической прочности, чтобы ее можно было использовать в процессе изготовления и установки во взрывчатом устройстве без физического повреждения полос на активной поверхности. Например, подложка 112  
10 может быть от около 1/16 до 1/8 (0,159 до 0,318 см) толщины. Стрелки S и E на Фиг.5 и 6 описаны ниже.

Устройство задержки 110 может быть произведено следующим способом. На подходящей подложке 112 печатается (или наносится иначе) полоса настройки времени задержки 114. Устройство приема входного сигнала 116 и устройство  
15 передачи сигнала 118 наносятся на активную поверхность 112а подложки 112 любым подходящим способом. После высыхания нанесенных полос настройки времени задержки 114 и устройств 116, 118 могут быть выполнены любая желаемая постпечатная пропитка или обработка устройства задержки 110, например, по  
20 желанию, нанесение лака, ламината или другого покрытия на активную поверхность 112а. В качестве альтернативы, или в добавление, может использоваться герметизирующий компаунд, чтобы закрыть полосу настройки времени задержки 114 или ее участки, и/или устройства 116 и 118. Возможный ламинат, или покрытие, может быть инертным в реакции горения, или может  
25 включать окислитель или топливо, или оба, которые участвуют в реакции горения полосы настройки времени задержки 114.

Обратимся теперь к Фиг.6 и 6А, где показано устройство задержки 210, состоящее из подложки 212, на которой расположена полоса настройки времени задержки 214, состоящая из чередующихся слоев топлива 214а и слоев окислителя 214b. У полосы  
30 настройки времени задержки 214 есть начальная точка 214с и точка выхода 214d. Устройство приема входного сигнала 216 расположено в линии передачи сигнала с начальной точкой 214с, а устройство передачи сигнала 218 расположено в линии передачи сигнала с точкой выхода 214d. У подложки 212 есть активная  
35 поверхность 212а.

Калибровочная полоса 120 также расположена на активной поверхности 212а и состоит из множества слоев топлива 214а и слоев окислителя 214b, устроенных идентично чередующимся слоям топлива и окислителя 214а и 214b полосы настройки  
40 времени задержки 214. Следовательно, калибровочная полоса 120 имеет подобные, предпочтительно идентичные состав и структуру, как и полоса настройки времени задержки 214, за исключением того, что калибровочная полоса 120 может, конечно, иметь полезную длину короче или длиннее, чем полезная длина полосы настройки времени задержки 214 без каких-либо препятствий. Предпочтительно, чтобы  
45 чередующиеся слои калибровочной полосы 120 наносились из тех же самых партий пасты, что и слои полосы настройки времени задержки 214, и, предпочтительно, чтобы слои калибровочной полосы 120 наносились в то же самое время и при тех же самых условиях, как и в полосе настройки времени задержки 214. У калибровочной  
50 полосы 120 есть место начала калибровки 120а и место окончания калибровки 120b, места, которые находятся на линии передачи сигнала от, соответственно, начального воспламеняющего элемента 122 и конечного воспламеняющего элемента 124. Несмотря на то, что калибровочная полоса 120 изображена как

нанесенная на ту же самую подложку 212, что и полоса настройки времени задержки 214, это может применяться к отдельной подложке (не показанной), чтобы подготовить испытываемую часть к тестированию, как описано ниже. Отдельная испытываемая часть подложки имеет состав, предпочтительно подобный или идентичный подложке 212.

Начальная точка 214с полосы настройки времени задержки 214 находится в линии передачи сигнала с устройством приема входного сигнала 216, а точка выхода 214d полосы настройки времени задержки 214 находится в линии передачи сигнала с устройством передачи сигнала 218. Калибровочная полоса 120 и соответствующие ей воспламеняющие элементы 122, 124 отделены от полосы настройки времени задержки 214 и связанных с ней устройств 216, 218 так, чтобы воспламенение калибровочной полосы 120 и соответствующих ей устройств не воспламеняло полосу настройки времени задержки 214 и соответствующие ей устройства.

Устройство задержки 210 (или отдельная испытываемая часть, не показанная, имеющая калибровочную полосу 120 и на ней соответствующие ей заряды 122, 124) может быть подвергнута тестированию в испытательном блоке. Испытательный блок зажигает начальный воспламеняющий элемент 122 и осуществляет точное измерение периода времени, требуемого для калибровочной полосы 120, чтобы сгореть и зажечь конечный воспламеняющий элемент 124. Это может быть осуществлено любым подходящим измерительным прибором. Период времени, требуемый для калибровочной полосы 120, чтобы сгореть от элемента 122 до элемента 124, легко измеряется, например, с помощью электроники путем измерения задержки времени между двумя вспышками, вызванными элементами 122 и 124. Этот измеренный временной интервал и известная длина калибровочной полосы 120 дают возможность легкого вычисления скорости горения (расстояние в единицу времени, например, сантиметры в секунду) калибровочной полосы 120. Скорость горения калибровочной полосы 120 будет в значительной степени идентична скорости горения полосы настройки времени задержки 214, потому что полоса настройки времени задержки 214 предпочтительно напечатана из той же самой или идентичной партии пасты с компонентом энергетического материала, как калибровочная полоса 120 и, предпочтительно, во время той же самой технологической операции и при тех же самых условиях печати. Предпочтительно, полоса настройки времени задержки и калибровочная полоса имеют идентичную толщину, ширину и конфигурацию слоев и расположены на той же самой подложке или на идентичном материале подложки. Все это должно способствовать в значительной степени идентичным скоростям горения полосы настройки времени задержки 214 и калибровочной полосы 120с.

После того, как определена скорость горения, то есть скорость движения сигнала вдоль калибровочной полосы 120, определяется полезная длина полосы настройки времени задержки 214, требуемая для желаемого периода задержки, исходя из того, что полоса настройки времени задержки 214 имеет такую же скорость горения, что и калибровочная полоса 120. Калибровочная полоса 120 может, таким образом, быть использована как критерий контроля качества, если полоса настройки времени задержки 214 уже нанесена на подложку 212. В других случаях калибровочная полоса 120 может использоваться для определения длины полосы настройки времени задержки 214. Как отмечено выше, могут проверяться каждое или только некоторые из производимых устройств задержки, чтобы убедиться в том, что время задержки находится в желаемых пределах. Также, как отмечено выше,

устройства 216, 218 могут быть нанесены на существовавшую ранее полосу настройки времени задержки 214, которая выполнена несколько более длинной, чем необходимо для желаемого периода времени задержки. Устройства 216 и 218 помещаются на полосу настройки времени задержки 214 на выбранном расстоянии друг от друга, чтобы оставить полезную длину полосы настройки времени задержки 214 между устройствами 216 и 218 непокрытой, и которая, исходя из скорости горения, определенной при помощи калибровочной полосы 120, даст желательный период задержки.

Полосы настройки времени задержки 114, 214 и калибровочная полоса 120 могут наноситься на подложки 112, 212 любой подходящей печатью или техникой нанесения, такими как используемые в печатной и графической отраслях промышленности. Они включают, в целях иллюстрации, но не ограничения, шелкографию, струйную печать, трафаретную печать, переводную печать и другие такие методы.

Устройство задержки настоящего изобретения может быть вставлено внутрь оболочки обычного детонатора 128 (Фиг.7 и 7А) и сконфигурировано так, чтобы оставить существенный объем свободного пространства 129а, 129б с обеих сторон устройства задержки 110 внутри оболочки 128, как показано на Фиг.7А. Внутренний диаметр D (Фиг.7А) оболочки обычного детонатора 128 около 0,256 дюйма (0,650 см).

Устройство задержки, как описано выше, может быть заключено в капсулу внутри любого подходящего герметизирующего материала, такого как герметизирующий компаунд типа обычно применяемого для монтажа электронных комплектующих. Заключенный в капсулу материал может быть сконфигурирован для обеспечения подходящей формы и размера для желаемой цели. Например, если устройство задержки предназначено для использования в пределах детонатора задержки обычного размера, герметизирующий материал формируется в качестве цилиндра круглого поперечного сечения, внешний диаметр которого плотно прилегает изнутри к внутреннему диаметру оболочки стандартного детонатора. Внутри герметизирующего материала формируются соответствующие каналы, чтобы пропускать сигналы входа и выхода от устройства задержки.

В альтернативном варианте герметизирующий материал может включать просто слой или ламинат любого подходящего нереакционного материала, размещенного поверх полосы настройки времени задержки; этот слой может быть размещен путем разбрызгивания, барабанного нанесения, крашения, печатания, нанесения листа ламината или других подходящих методов для нанесения таких ламинатных покрытий.

Заливка устройства задержки герметиком может служить нескольким целям, включая изоляцию полосы настройки времени задержки от влияния окружающей среды, такого как импульс давления от ударной трубы (который может влиять на скорость горения полосы настройки времени задержки), обеспечение возможности установки элемента задержки в виде запальной цепи, состоящего из полосы настройки времени задержки на подложке для соответствия форме контейнера или упаковки, такой, как оболочка стандартного детонатора, и предотвращения короткого замыкания или воспламенения от наконечника ударной трубы (импульсным сигналом пламени), минуя элемент задержки в виде запальной цепи.

Фиг.7В является перспективным представлением вкладыша цилиндрической формы 158, внутри которого залито устройство задержки 710. Устройство

задержки 710 аналогично устройству задержки 210, изображенному на Фиг.6, и включает подложку 712, на которую нанесена калибровочная полоса 720, которая соединяет воспламеняющий элемент начала калибровки 722 с воспламеняющим элементом конца калибровки 724. Полоса настройки времени задержки 714 соединяет устройство приема входного сигнала 716 и устройство передачи сигнала 718. Калибровочная полоса 720 может использоваться в контрольных целях, как описано выше, или она может быть просто неиспользованной, покрытой вкладышем 158 (или вкладышем 158', изображенным на Фиг.7Е). Если калибровочная полоса 720 ранее не использовалась, она остается неиспользованной, если устройство задержки 710 было загерметизировано внутри вкладыша 158 или 158'. Устройства задержки настоящего изобретения могут, конечно, быть произведены без калибровочной полосы в случаях, где калибровку не считают необходимой или где калибровка выполнена на подложках, отдельных и удаленных от подложки, используемой в устройстве задержки.

У цилиндрического вкладыша 158 есть входной канал 160, сформированный у его входного конца 158а, и выходной канал 162, сформированный у его выходного конца 158b. Входной канал 162 простирается в длину вдоль заливки 158 достаточно далеко, чтобы подвергать устройство приема входного сигнала 716 воздействию входного сигнала, обозначенного стрелкой S. Выходной канал 162 простирается в длину вдоль вкладыша 158 от его входного конца 158b достаточно далеко, чтобы сигнал, произведенный устройством передачи заряда 718, выходил из вкладыша 158, как обозначено стрелкой E.

Вкладыш 158 можно заменить на устройство задержки 210 в детонаторе, изображенное на Фиг.7, и такая замена изображена на Фигурах 7С и 7D. Такое приспособление будет действовать в значительной степени таким же образом, как вариант реализации, показанный на Фиг.7, но полоса настройки времени задержки 714 будет экранирована от роста давления в ударной трубе 132 Фиг.7. Если ударная труба 132 будет иметь достаточно большую длину, то реакция энергетического материала, помещенного на ее внутренней стене 132а, послужит причиной достаточно высокого роста давления, чтобы повлиять на скорость горения полосы настройки времени задержки 714. В результате герметизации полосы настройки времени задержки 714 она защищена от изменений давления и, следовательно, скорость ее горения не подвергается влиянию даже существенных изменений давления.

Цилиндрическая конфигурация вкладыша 158 выполнена так, чтобы внешний диаметр  $d$  (Фиг.7В), плотно прилегал к внутреннему диаметру  $D$  (Фиг.7D) оболочки детонатора 128. Это облегчает производственный процесс, потому что вкладыш цилиндрической формы 158 с большей легкостью вставляется во внутреннюю часть оболочки 128, чем немонолитное устройство задержки, такое как изображенное на Фиг.6, 6А и 7А. (Очевидно, вставка устройства задержки и других компонентов происходит прежде, чем формируются бортики 128с (Фиг.6) для фиксации на месте ударной трубы 132). Вкладыш 158 также увеличивает механическую прочность устройства задержки 710 и защищает его во время обработки в производственном процессе и во время транспортировки, если оно транспортируется до его вставки во взрывное устройство.

Как видно на Фиг.7С и 7D, вкладыш 158 плотно прилегает изнутри к оболочке детонатора 128, и (Фиг.7) гильза 134 удерживает и фиксирует ударную трубу 132 внутри оболочки детонатора 128. Входной канал 160 во вкладыше 158 расположен в

одну линию с внутренней частью ударной трубы 132 (и с устройством приема входного сигнала 716). Выходной канал 162 вкладыша 158 расположен в одну линию с устройством передачи сигнала 718 и выходным зарядом детонатора 130, более определенно, с его инициирующим зарядом из азидов свинца 130а, который вставлен между основным зарядом PETN 130b и выходящим сигналом, представленным стрелкой E.

Наряду с тем, что, как отмечено выше, цилиндрическая конфигурация вкладыша 158 хорошо подходит для использования внутри цилиндрической оболочки детонатора, такой как оболочка 128, вкладыш, очевидно, может принимать другие подходящие формы для использования в устройствах как с круглым, так и с некруглым поперечным сечением. Даже при использовании в оболочке детонатора 128, как показано на Фиг.7Е, вкладыш не обязательно должен иметь круглую цилиндрическую форму, но может, например, представлять собой слоистый вкладыш 158', покрывающий временную полосу 714, оставляющий свободные пространства 129а и 129b внутри оболочки детонатора 128 с обеих сторон устройства задержки 712. Входные и выходные каналы (не показанные на Фиг.7Е), соответствующие входным и выходным каналам 160, 162, показанным на Фиг.7В и 7С, также имеются в слоистом вкладыше 158'. Материал вкладыша может также быть нанесен на нижнюю сторону подложки 712, как видно на Фиг.7Е, чтобы обеспечить большую толщину вкладыша устройства задержки 710 для увеличения ее механической прочности и облегчения вставки в оболочку детонатора 128.

Самыми распространенными топливами для наноэнергетических материалов, используемых в устройствах задержки настоящего изобретения, является Al, Cu and Ag, прежде всего по причинам, что они являются высоко проводящими, относительно дешевы, как доказано, являются безопасными, чтобы работать с ними как "наноразмерными" (от около 20 до около 1500 нм диаметра) частицами, и показывают хорошие характеристики. В общем случае пары топлива и окисляющего реагента, пригодные в наноразмерных частицах для нанесения полос настройки задержки времени и калибровочных полос в соответствии с основами настоящего изобретения, представляют собой  $M'_xM_yO_z$ , где  $M'$  является подходящим металлическим топливом и  $M$  является подходящим металлом, отличающимся от  $M'$  и находящимся в форме оксида, а  $x$  и  $y$  - положительные целые числа, например, 1, 2, 3...n, которые могут быть одинаковыми или различными. Как  $M'$ , так и  $M_xO_y$ , должны быть способными к измельчению до наноразмерных частиц. Подходящие металлические топлива в наноразмерных частицах, в соответствии с методами настоящего изобретения включают Ag, Al, B, Cu, Hf, Si, Sn, Ta, W, Y и Zr. Известные наноразмерные термиты включают следующие стехиометрические пары топлива и окисляющего реагента, которые взяты из перечисленных в Таблице 1а описанной выше статьи «Теоретическое выделение энергии термитными смесями, интерметаллическими соединениями и горючими металлами» ("статья Sandia"). Следующие конкретные пары реагентов считаются подходящими для методов настоящего изобретения. Показаны стехиометрические отношения топлива и оксида; методы настоящего изобретения могут, но не обязательно, использовать стехиометрические отношения топлива и окислителя:

$2Al+3AgO$ ;  $2Al+3Al_2O_3$ ;  $2Al+B_2O_3$ ;  $2Al+Bi_2O_3$ ;  $2Al+3CoO$ ;  $8Al+3Co_3O_4$ ;  $2Al+Cr_2O_3$ ;  $2Al+3CuO$ ;  $2Al+3Cu_2O$ ;  $2Al+Fe_2O_3$ ;  $8Al+3Fe_3O_4$ ;  $2Al+3HgO$ ;  $10Al+3I_2O_5$ ;  $4Al+3MnO_2$ ;  $2Al+MoO_3$ ;  $10Al+3Nb_2O_5$ ;  $2Al+3NiO$ ;  $2Al+Ni_2O_3$ ;  $2Al+3PbO$ ;  $4Al+3PbO_2$ ;  $8Al+3Pb_3O_4$ ;  $2Al+3PdO$ ;  $4Al+3SiO_2$ ;  $2Al+3SnO$ ;  $4Al+3SnO_2$ ;  $10Al+3Ta_2O_5$ ;  $4Al+3TiO_2$ ;  $16Al+3U_3O_8$ ;  $10Al+$

3V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 4Al+3WO<sub>2</sub>; 2Al+WO<sub>3</sub>; 2B+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2B+3CuO; 2B+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8B+3Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 4B+3MnO<sub>2</sub>; 8B+3Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 3Hf+2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3Hf+2Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Hf+2CuO; 3Hf+2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2Hf+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Hf+MnO<sub>2</sub>; 2Hf+Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Hf+SiO<sub>2</sub>; 2La+3AgO; 2La+3CuO; 2La+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2La+3HgO; 10La+3I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 4La+3MnO<sub>2</sub>; 2La+3PbO; 4La+3PbO<sub>2</sub>; 8La+3Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 2La+3PdO; 4La+3WO<sub>2</sub>; 2La+WO<sub>3</sub>; 3Mg+B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3Mg+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Mg+CuO; 3Mg+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2Nd+3PdO; 4Nd+3WO<sub>2</sub>; 2Nd+WO<sub>3</sub>; 2Ta+5AgO; 2Ta+5CuO; 6Ta+5Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2Ta+5HgO; 2Ta+I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2Ta+5PbO; 4Ta+5PbO<sub>2</sub>; 8Ta+5Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 2Ta+5PdO; 4Ta+5WO<sub>2</sub>; 6Ta+5WO<sub>3</sub>; Th+2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Th+Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Th+2CuO; Th+2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Th+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Th+MnO<sub>2</sub>; Th+PbO<sub>2</sub>; Th+Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Th+SiO<sub>2</sub>; 3Ti+2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3Ti+2Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Ti+2CuO; 3Ti+2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Ti+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Ti+MnO<sub>2</sub>; 2Ti+Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Ti+SiO<sub>2</sub>; 2Y+3CuO; 8Y+3Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 10Y+3I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 4Y+3MnO<sub>2</sub>; 2Y+MoO<sub>3</sub>; 2Y+Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4Y+3PbO<sub>2</sub>; 2Y+3PdO; 4Y+3SnO<sub>2</sub>; 10Y+3Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 10Y+3V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2Y+WO<sub>3</sub>; 3Zr+2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3Zr+2Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Zr+2CuO; 3Zr+2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2Zr+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; Zr+MnO<sub>2</sub>; 2Zr+Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и Zr+SiO<sub>2</sub>.

Следующие оксиды металлов, взятые из таблицы 3а статьи Sandia, считаются подходящими в виде наноразмерных частиц для использования в качестве окислителей в методах настоящего изобретения: Ag<sub>2</sub>O; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; BeO; Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; CoO; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Cs<sub>2</sub>O; Cs<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; CsO<sub>2</sub>; CuO; Cu<sub>2</sub>O; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; HfO<sub>2</sub>; La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Li<sub>2</sub>O; MgO; Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; MoO<sub>3</sub>; Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; NiO; Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; PdO; Pt<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; SiO<sub>2</sub>; SnO<sub>2</sub>; SrO<sub>2</sub>; Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; ThO<sub>2</sub>; TiO<sub>2</sub>; U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; WO<sub>2</sub>; WO<sub>3</sub>; Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ZnO и ZrO<sub>2</sub>.

В дополнение к вышеупомянутым известным парам реагентов: металл и оксид металла, топливо и окислитель, TiO<sub>2</sub>, прежде не известный в качестве подходящего окислителя для термитных составов с наноразмерными частицами, хорошо работает при осуществлении на практике настоящего изобретения, особенно когда используется в комбинации с Al в качестве металлического топлива.

В случаях, когда компоненты окислителя и топлива содержатся отдельно друг от друга и отдельно наносятся на подложку, нанесение выполняется способом, в котором отдельно наносящиеся слои топлива и оксида размещаются на подложке в контакте друг с другом. Контакт может быть стыковым контактом, частично перекрывающимся контактом или полностью перекрывающимся контактом, то есть один слой наносится сверху и полностью покрывает другой. Могут использоваться два или больше чередующихся слоев материалов топлива и окислителя, например наноразмерные материалы топлива и окислителя могут применяться в слоях как топлива, так и окислителя. Как описано в данном документе в другом месте, в энергетическом материале могут быть сделаны зазоры, чтобы увеличить время горения в отдельном случае.

Порядок нанесения слоев топлива и окислителя на подложку не является решающим, то есть первым нанесенным слоем может быть слой окислителя, и слой топлива может быть нанесен по слою окислителя.

Фиг.7 показывает схематическое исполнение устройства задержки 210 из Фиг.6 и 6А, включенных в другой обычный детонатор 126. Детонатор 126 включает обычную оболочку 128, имеющую замкнутый конец 128а и открытый конец 128b. Заряд взрывчатого вещества, например обычный выходной заряд детонатора 130, имеющий иницирующий заряд из азид свинца 130а и основной PETN заряд 130b, содержится внутри оболочки 128 при замкнутом конце 128а. Детонатор 126 получает на свой открытый конец 128b сигнал запальной цепи, включающей, в изображенном варианте реализации, ударную трубу 132, которая содержит энергетический материал (непоказанный), покрывающий его внутреннюю стенку 132а. Втулка 134 размещена так, чтобы запечатать открытый конец 128b, и фиксируется на месте бортиком 128с, сформированным в оболочке 128, чтобы изолировать внутреннее содержимое оболочки 128 от окружающей среды и чтобы

зафиксировать и удерживать ударную трубу 132 на месте, что является  
общепринятым в данной области техники. Вместо обычного пиротехнического  
устройства задержки, вставленного между выходным концом 132b ударной  
трубы 132 и выходным зарядом детонатора 130, здесь представлено устройство  
5 задержки 210 из иллюстраций 5 и 5А. Обычные компоненты детонатора 126, такие  
как изоляционная крышка для предотвращения случайного разряда статического  
электричества, дисковые уплотнительные прокладки, уплотнительные кольца и т.д.,  
на схеме Фиг.7 опущены, поскольку такие приемы известны квалифицированным  
10 специалистам в данной области и не являются частью настоящего изобретения.

Как известно квалифицированным специалистам, устройство инициирования  
(непоказанное) зажигает энергетический материал, содержащийся внутри ударной  
трубы 132. Образующийся входной сигнал, показанный на Фиг.6 (и на Фиг.7С)  
15 стрелкой S, проходит через ударную трубу 132 и иницирует устройство приема  
входного сигнала 216 устройства задержки 210, которое, в свою очередь, зажигает  
полосу настройки времени задержки 214 в ее месте входа 214с. Полоса настройки  
времени задержки 214 сгорает вдоль своей длины и через некоторое время горение  
достигает места выхода 214d, зажигается устройство передачи сигнала 218, и  
20 образующийся сигнал выхода энергии, показанный на Фиг.6 (и на Фиг.7С) стрелкой  
E, зажигает иницирующий заряд 130a, который в свою очередь зажигает основной  
заряд 130b выходного заряда детонатора 130, обеспечивая таким образом выход  
взрывчатой энергии детонатора 126. Та же самая последовательность достигается  
при использовании любого из других показанных устройств задержки 110, 310, 410,  
25 510, 610 или 710 в детонаторе 126, таким образом, нет необходимости повторять  
описание, только следует отметить, что Фиг.5 и 7С также показывают стрелкой S  
входной сигнал, а стрелкой E образующуюся энергию выхода.

Компоненты окислителя и топлива энергетического материала могут наноситься  
30 на подложку отдельно так, чтобы разместить отдельно нанесенные покрытия  
окислителя и топлива в контакте друг с другом на подложке. Таким образом, Фиг.8  
показывает вариант реализации настоящего изобретения, включающий устройство  
задержки 310, состоящее из подложки 312, на которую нанесена в виде  
прямоугольника полоса настройки времени задержки 314, состоящая из слоя  
35 топлива 314a, поверх которого нанесено узором в горошек множество слоев  
окислителя 314b. В альтернативном варианте слой топлива 314a может иметь в себе  
"отверстия", которые заполнены окислителем в виде узора в горошек, с наложением  
слоев топлива и окислителя друг на друга. Цель таких рисунков топлива и  
40 окислителя, включая изображенные на Фиг.9А и 9В, состоит в том, чтобы или  
управлять скоростью горения полосы настройки времени задержки 314, или  
добиться заданной скорости горения, или изменить скорость горения на основе  
результатов, полученных при срабатывании калибровочной полосы. Расстояния  
между нанесенными в виде «узора в горошек» слоями окислителя 314b эффективно  
45 обеспечивают «преодолимые зазоры» в полосе настройки времени задержки. Такие  
преодолимые зазоры являются достаточно малыми, так что они не останавливают  
реакцию горения, а замедляют ее, заставляя реакцию переходить через места  
(переходить зазоры), где нет ни окислителя, ни топлива. Нанесение в виде отдельных  
50 элементов, таким образом, создает преодолимые зазоры, которые работают по  
способу, подобному показанному для преодолимых зазоров 164 на Фиг.12, где  
зазоры 164 не содержат ни окислителя, ни топлива, как описано ниже. Устройство  
приема входного сигнала 316 находится в линии передачи сигнала с полосой

настройки времени задержки 314 в ее начальной точке 314с, а устройство передачи сигнала 318 находится в линии передачи сигнала с полосой настройки времени задержки 314 в ее точке выхода 314d. Изображение на Фиг.8 является схематичным и, очевидно, большие или меньшие круги узора в горошек материала окислителя могут быть нанесены чаще или реже на слой топлива 314а. Здесь, как во всех вариантах реализации, наносились чередующиеся слои топлива и окислителя. Таким образом, второй слой топлива (не показан) наносился поверх узора в горошек слоя окислителя, второй слой окислителя узором в горошек (не показан) наносился по второму слою топлива, и т.д.

Фиг.9А и 9В показывают стадии в процессе изготовления устройства задержки 410, в котором (Фиг.9А) слой топлива 414а нанесен на подложку 412 рисунком шахматной доски, а слой окислителя 414b (Фиг.9В) нанесен поверх рисунка шахматной доски, чтобы покрыть свободные квадраты рисунка шахматной доски топливного слоя. Предпочтительно, чтобы один или оба из квадратов топливного слоя 414а и слоя окислителя 414b был сделан большего размера так, чтобы смежные квадраты топлива и окислителя наложились на краях квадратов, чтобы гарантировать, что слои топлива и окислителя находятся в хорошем контакте друг с другом. Как видно на Фиг.9В, устройство приема входного сигнала 416 и устройство передачи сигнала 418 находятся на линии передачи сигнала с, соответственно, начальной точкой 414с и точкой выхода 414d полосы настройки времени задержки 414.

На Фиг.10 показан схематично в боковой проекции один вариант реализации поточной линии для производства устройств задержки настоящего изобретения. Бесконечная конвейерная лента 136 перемещает множество подложек 512 последовательно мимо первой печатающей головки 138, которая наносит на подложку 512 подходящим рисунком слой топлива (не показанный на Фиг.10). После прохождения первой печатающей головки 138 подложка 512 с нанесенным на нее слоем топлива проходит через первую сушильную печь 140, в которой нанесенный слой топлива тщательно сушится. Затем подложка 512 проходит под второй печатающей головкой 142, которая наносит слой материала окислителя (не показан на Фиг.10) подходящим рисунком, который контактирует с ранее нанесенным слоем топлива. Затем подложка 512 проходит через вторую сушильную печь 144, в которой тщательно сушится нанесенный слой окислителя. Если должны быть применены многочисленные слои топлива и слои окислителя, процесс может быть повторен столько раз, сколько необходимо, или может быть удлинена конвейерная лента, чтобы установить дополнительные печатающие головки и сушильные печи. В некоторых случаях как слой топлива, так и слой окислителя могут быть нанесены до высыхания. Затем готовое устройство задержки 510 удаляется с конвейерной ленты.

Настоящее изобретение обладает существенными преимуществами перед обычными пиротехническими устройствами задержки. Например, напечатанные или иначе размещенные полосы в настоящем изобретении требуют намного меньшего количества энергетического материала по сравнению с количеством пиротехнического материала, требуемого для обычной пиротехнически заполненной металлической трубы, обеспечивающей тот же самый период задержки. Существенное сокращение количества энергетического материала, достигнутое в настоящем изобретении, не только уменьшает материальные затраты, но и повышает качество или решает проблему выброса газов. Образование газообразных

продуктов горения энергетического материала устройства задержки создает давление внутри устройства задержки или в ее корпусе, что влияет на скорость горения, таким образом отрицательно влияя на точность и надежность в достижении желаемого времени задержки. Использование очень маленьких количеств энергетических материалов при применении настоящего изобретения по сравнению с обычными пиротехническими трубками задержки радикально уменьшает количество газообразных продуктов реакции, даже если выделяющий газ пиротехнический состав используется как наноэнергетический материал. Далее настоящее изобретение также включает использование термитных материалов в качестве нанопиротехнических материалов, которые не выделяют значительного количества (или совсем не выделяют) газообразных продуктов горения.

Настоящее изобретение также предусматривает способ размещения и использования на подложке калибровочной полосы для дальнейшего увеличения точности времен задержки, обеспечиваемых полосой настройки времени задержки 114. Несмотря на соблюдение максимальной осторожности при получении энергетических материалов, включая пасты топлива и окислителя, как предполагается в соответствии с настоящим изобретением, тем не менее от партии к партии происходят изменения. Наличие калибровочной полосы, которая существенно идентична всей или участку полосы настройки времени задержки, и использование калибровочной полосы во время производственного процесса для определения скорости горения вдоль калибровочной полосы, и соответственно, конфигурирование полосы настройки времени задержки, обеспечивают воспроизводимость и возможность чрезвычайно строгого контроля желаемого периода задержки. Это преимущество не доступно для обычных пиротехнических устройств задержки и технологий их производства.

На Фиг.11 и 11А-11С схематично показан другой вариант реализации поточной линии для производства варианта реализации устройств задержки изобретения и конечного продукта. Вариант реализации на Фиг.11А-11С показывает производственный метод изобретения, в котором мостиковая полоса наносится на подложку в выбранном месте и конфигурации, чтобы замкнуть разрыв, то есть конечный зазор, сделанный в первоначально нанесенном участке полосы настройки времени задержки, и обеспечивает выбранную полезную длину полосе настройки времени задержки. Бесконечная конвейерная лента 146 перемещает множество подложек 612 последовательно мимо первой пары печатающих головок 148а, 148б, которая наносит на подложку 612 калибровочную полосу 620 и неполную полосу настройки времени задержки 614 (Фиг.11С), состоящую из первой полосы 614х и второй полосы 614у. Печатающая головка 148а содержит компонент топлива, например пасту, содержащую топливные частицы, а печатающая головка 148б содержит компонент окислителя, например пасту, содержащую частицы окислителя. Компоненты топлива и окислителя могут отдельно обрабатываться, храниться и наноситься, таким образом избегая необходимости обработки, хранения и нанесения опасной реакционной смеси топлива и окислителя. В соответствии с этой практикой компоненты топлива и окислителя контактируют друг с другом только в ходе, или, предпочтительно, после нанесения на подложку. Калибровочная полоса 620 наносится между воспламеняющим элементом начала калибровки 622 и воспламеняющим элементом конца калибровки 624. Один конец первой полосы 614х контактирует с устройством приема входного сигнала 616, а один конец второй полосы 614у контактирует с устройством передачи сигнала 618. Одно или больше

устройств 616, 618, 622 и 624 может наноситься на подложку 612 или до, или после, или одновременно с прохождением подложкой 612 под первой парой печатающих головок 148a, 148b.

5 В изображенном варианте реализации первая полоса 614x имеет пилообразную конфигурацию, чтобы увеличить ее полезную длину и, следовательно, ее время горения, тогда как полоса 614y является прямой. Калибровочная полоса 620 (Фиг.11А) имеет также пилообразную конфигурацию и расположена между начальным воспламеняющим элементом 622 и конечным воспламеняющим  
10 элементом 624. Путем воспламенения начального воспламеняющего элемента 622 может быть вычислена скорость горения калибровочной полосы 620, и следовательно, полосы настройки времени задержки 614, чтобы определить полную длину полосы настройки времени задержки 614, которая требуется для желаемого периода задержки. Это будет обуславливать необходимую конфигурацию и  
15 размещение мостиковой полосы 614z, которая обеспечит желательный период задержки.

Как в других вариантах реализации, калибровочная полоса 620 и полоса  
20 настройки времени задержки 614 наносятся на различных стадиях, чтобы наносить компоненты топлива и окислителя калибровочной полосы 620 и полосы настройки времени задержки 614 отдельно. Калибровочная полоса 620 и полоса настройки времени задержки 614 предпочтительно состоят из идентичных материалов, а число и порядок расположения слоев топлива и окислителя конфигурируются одинаково, чтобы их соответствующие скорости горения были в значительной степени  
25 одинаковыми.

После прохождения первой пары печатающей головки 148a, 148b подложка 612 с  
30 полосами 614x, 614y и 620, нанесенными, например напечатанными, на ее активной поверхности 612a, проходит через сушильную печь 150, в которой нанесенные полосы тщательно сушатся. Фиг.11А показывает подложку 612 в том виде, как она выходит из сушильной печи 150 и до попадания в испытательный блок 152. Далее печатная подложка 612 проходит под испытательным блоком 152, в котором загорается воспламеняющий элемент начала калибровки 622 по меньшей мере  
35 некоторых из подложек 612. Отрезок времени, требуемый для калибровочной полосы 620, чтобы сгореть полностью и зажечь воспламеняющий элемент конца калибровки 624, измеряется любыми подходящими способами. Фиг.11В показывает подложку 612 после воспламенения зарядов калибровки 622 и 624 и калибровочной  
40 полосы 620 и до входа подложки 612 во вторую пару печатающих головок 154a, 154b.

Как правило, оптический считыватель измеряет время между вспышками, вызванными воспламенением воспламеняющего элемента начала калибровки 622 и воспламеняющего элемента конца калибровки 624. Данная величина регистрируется в испытательном блоке 152. Полученное значение используется для вычисления  
45 скорости горения калибровочной полосы 620 и, принимая ту же самую скорость горения для полезной длины полосы настройки времени задержки 614 (Фиг.11С), рассчитываются необходимое местоположение и конфигурация мостиковой полосы 614z. Линия 156 соединяет испытательный блок 152 со второй парой  
50 печатающих головок 154a, 154b, чтобы контролировать местоположение и рисунок мостиковой полосы 614z, которая будет наноситься второй парой печатающих головок 154a, 154b, для подбора полезной длины полосы настройки времени задержки 614 (Фиг.11С) с целью обеспечения желаемого времени задержки.

Печатающая головка 154а содержит компонент окислителя, а печатающая головка 154b содержит компонент топлива, чтобы сохранять эти компоненты разделенными до нанесения на подложку, как в случае с печатающими головками 148а, 148b. Устройство задержки 610 выпускается с конвейерной ленты 146 для

дальнейшей обработки, или хранения, или использования. Как отмечено выше, не каждую из единиц задержки необходимо проверять воспламенением связанной с ней или испытательной калибровочной полосы. Например, могут быть проверены каждая десятая, каждая пятидесятая или каждая сотая из единиц задержки воспламенением связанной с ней или испытательной калибровочной полосы. Частота, с которой проверяются подложки или устройства задержки, определяется на опыте для данной технологической операции, чтобы обеспечить необходимую степень контроля точности устройств задержки, в данном производственном процессе с используемыми материалами.

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения полоса настройки времени задержки прерывается, то есть в ней обеспечиваются зазоры, чтобы изменить ее временные характеристики. Эти зазоры являются достаточно малыми, чтобы сигнал перепрыгивал через них и двигался от места входа до места выхода. В случае раздельно нанесенных слоев топлива и окислителя это может быть достигнуто прерыванием как слоя топлива, так и слоя окислителя, или только одного из слоев, например слоя окислителя, оставляя слой топлива непрерывным. Этот аспект изобретения не ограничивается обеспечением простого зазора в полосе настройки времени задержки, но зазор или зазоры могут иметь любую подходящую геометрию. Например, зазор или зазоры могут быть представлены в форме шеврона, волнистыми, или в других подходящих формах.

На Фиг.12 показано устройство задержки 810, состоящее из подложки 812 с расположенной на ней полосой настройки времени задержки 814. (Устройство приема входного сигнала и устройство передачи сигнала на Фиг.12 опущены, но входящий сигнал S и выходящий сигнал E, сгенерированные, соответственно, этими устройством приема входного сигнала и устройством передачи сигнала, показаны помеченными стрелками). Как описано выше в связи с другими вариантами реализации, входной сигнал S представляет вход, используемый для зажигания устройства приема входного сигнала, а сигнал выхода E представляет выход зажженного устройства передачи сигнала. Видно, что у полосы настройки времени задержки 814 есть множество преодолимых зазоров 164, образованных между сегментами 814а полосы настройки времени задержки 814. "Преодолимые зазоры", как используется здесь и в формуле, означает зазоры, которые не являются достаточно большими, чтобы прервать передачу сигнала воспламенения вдоль полосы настройки времени задержки. (Это отличается от конечных зазоров, описанных выше, которые нуждаются в соединении или замыкании мостиковой полосой, чтобы дать возможность воспламеняющему сигналу перемещаться от места входа до места выхода полосы настройки времени задержки). Когда сигнал входа S зажигает устройство приема входного сигнала (не показанное на Фиг.12), выход от устройства приема входного сигнала зажигает сегмент 814а, самый близкий стрелке входа S, и выход от этого начального сегмента 814а воспламеняет поперек соседнего преодолимого зазора 164 ближайший сегмент 814а, и это воспламенение по поверхности повторяется, как обозначено стрелками F на Фиг.12 до тех пор, пока сегмент 814а, ближайший к стрелке выхода E, не зажигает устройство передачи сигнала (не показанный на Фиг.12). Наличие преодолимых зазоров 164 замедляет

продвижение сигнала вдоль полосы настройки времени задержки 814 из-за задержки в каждом из преодолимых зазоров 164. Таким образом, затрачивается несколько большее время для того, чтобы произошло воспламенение по поверхности, показанное стрелками F, чем в случае, если бы на полосе настройки времени задержки 814 не было никаких преодолимых зазоров 164 и она бы просто непрерывно горела от начальной точки или входного конца 810a до точки выхода или выходного конца 810b.

Как указано выше, одинаковые по размеру и расстоянию промежутки 164 являются всего лишь одним вариантом реализации преодолимых зазоров на полосе настройки времени задержки. Преодолимые зазоры могут быть различного размера, нерегулярно расположены или предоставлены в различных формах, таких как шевроны, извилистые линии и т.д.

Устройство задержки может изготавливаться с многократными напечатанными полосами настройки времени задержки, связанными в их начальных точках в общую "шину" входа или в общее устройство приема входного сигнала, а в их точках выхода в общую «шину» выхода или в общее устройство передачи сигнала. Таким образом, наиболее быстро горящая полоса всегда инициирует заряд выхода. Поскольку, как предполагается, распределение фактических времен горения многократных полос настройки времени задержки будет нормальным распределением, такая конструкция эффективно усекает нормальное распределение времен горения и уменьшает стандартное отклонение. Хотя номинальное время горения также изменяется в процессе, это компенсируется регулировкой длины полос. Результатом является уменьшение стандартного отклонения времени горения отдельных полос. Низкий критический диаметр печатных полос настройки времени задержки из наноэнергетических материалов позволяет размещать на подложке большое их количество, добиваясь существенного улучшения разброса времени задержки среди многих массово производимых устройств задержки настоящего изобретения.

На Фиг.13 показано устройство задержки 910, включающее подложку 912, на которой расположена полоса настройки времени задержки 914. Как и на Фиг.12, устройство приема входного сигнала и устройство передачи сигнала на Фиг.13 опущены, но входная стрелка S схематично указывает вход в устройство приема входного сигнала, и стрелка выхода E схематично указывает выход из устройства передачи сигнала. В этом варианте реализации полоса настройки времени задержки 914 включает входную "шину" 914a, связанную с выходной "шиной" 914b множеством линейных полос 914c. Линейные полосы 914c отделены друг от друга простирающимися в длину зазорами 914d. В геометрии полосы настройки времени задержки 914 простирающиеся в длину зазоры 914d не прерывают сигнал, а просто отделяют линейные полосы 914c друг от друга. Понятно, что если бы "шина" 914a и "шина" 914b были устранены, то линейные полосы 914c могли непосредственно соединить устройство приема входного сигнала с устройством передачи сигнала. Шина 914a и шина 914b имеют то преимущество, что их большая площадь по сравнению с одной из полос 914c обеспечивает большее количество энергетического материала, смежного как с устройством приема входного сигнала, так и с устройством передачи заряда (не показаны на Фиг.13, но расположены, соответственно, около положений стрелок S и E). Увеличенное количество энергетического материала дает возможность обеспечить надежную передачу сигнала от устройства приема входного сигнала (по стрелке S) и к устройству

передачи сигнала (по стрелке E).

В этом варианте реализации самое быстрое горение линейных полос 914с установит хронометраж горения от секции входа 914а до секции выхода 914b.

5 Устройство задержки настоящего изобретения, которое особенно хорошо приспособлено, чтобы быть трансформированным в другую конфигурацию, кроме  
 10 плоской конфигурации, особенно полезно как компонент запальной цепи. На первой стадии изготовления этого типа устройства задержки полоса или полосы настройки времени задержки, как описано выше, наносятся на тонкую, гибкую подложку, например бумагу, армированную бумагу, лист Tyvek®, лист Mylar®, пластмассу или  
 15 подобный материал. Подложка может быть прямоугольной формы. Затем устройство приема входного сигнала и устройство передачи сигнала печатаются или наносятся другим способом на любой конец подложки так, чтобы они соединились с или наложились на полосу настройки времени задержки. Тонкий, гибкий ламинат,  
 20 состоящий из любого подходящего материала, например материала, который идентичен или подобен материалу подложки, наносится так, чтобы он полностью покрыл полосу настройки времени задержки, но оставил устройство приема входного сигнала и устройство передачи сигнала открытыми. Ламинат может быть  
 25 присоединен к подложке с использованием клея, механическим способом или любыми подходящими средствами. Агрегат может быть свернут или иначе сложен в подходящую форму для вставки в патрон или контейнер. Например, ламинат можно скатать в цилиндр и вставить в стандартную цилиндрическую оболочку детонатора. В этом случае стержень, который, возможно, может быть сужающимся и может быть  
 30 сделан из любого подходящего материала, например подходящей пластмассы, вставляется в оболочку детонатора так, чтобы механически держаться на месте и предотвратить сигнал входа к детонатору от воспламенения через устройство приема входного сигнала или заряд выхода детонатора, обходя таким образом  
 35 полосу настройки времени задержки. Агрегат составляет элемент задержки, поскольку входной сигнал зажигает устройство приема входного сигнала, сжигает полосу настройки времени задержки и зажигает устройство передачи сигнала.

Фиг.14 показывает перспективное изображение в разобранном виде устройства задержки 1010, состоящего из подложки 1012, на которой расположена полоса  
 35 настройки времени задержки 1014, которая соединяет устройство приема входного сигнала 1016 с устройством передачи сигнала 1018. Устройство задержки 1010 может заключать в себе любой вариант реализации настоящего изобретения, включая любой из различных вариантов реализации, описанных выше при условии, что  
 40 подложка 1012 имеет тонкую, гибкую конструкцию, то есть подложка 1012 должна быть способна скатываться или сворачиваться, как описано ниже. Далее полоса настройки времени задержки 1014, устройство приема входного сигнала 1016 и устройство передачи сигнала 1018 должны удерживаться на подложке 1012, даже  
 45 когда последняя скатана или свернута. В этом варианте реализации аналогичный тонкий, гибкий лист ламината 166 нанесен на подложку 1012, чтобы покрыть полосу настройки времени задержки 1014, но оставить открытыми устройство приема входного сигнала 1016 и устройство передачи сигнала 1018. Предпочтительно лист ламината 166 покрывает всю временную полосу 1014.

50 Фиг.14А схематично показывает стадии сборки, на которых лист ламината 166 наносится по полосе настройки времени задержки 1014 устройства задержки 1010 на стадии А, чтобы получить ламинированное устройство задержки 1010', показанное на стадии В. Ламинированное устройство задержки 1010' затем сворачивают вдоль

его продольной оси L-L в цилиндрическую конфигурацию, как показано на стадии С Фиг.14А. Цилиндрическая конфигурация может сохраняться просто путем вставления свернутого в цилиндр ламинированного устройства задержки 1010' в оболочку детонатора, как показано на Фиг.15. В альтернативном варианте, или в добавление, шов 168 свернутого в цилиндр ламинированного устройства задержки 1010' может быть закреплен адгезионными, механическими способами или любыми другими подходящими способами сохранения цилиндрической формы.

Внутри свернутого в цилиндр ламинированного устройства задержки 1010' может быть вставлен клиновидный стержень 170, как описано ниже в связи с Фиг.15.

Фиг.15 показывает детонатор 172, который имеет обычную конструкцию, за исключением использования в нем ламинированного устройства задержки 1010' (ламинированное устройство задержки 1010, свернутое в трубочку) вместо обычной полосы задержки. Противоположные края устройства задержки 1010' контактируют впритык, чтобы сформировать шов 168. Таким образом, детонатор 172 включает оболочку 174, имеющую закрытый конец 174а и открытый конец 174б. Обычный взрыватель ударной трубы 176 удерживается в пределах открытого конца 174б обычной гильзой 178, которая закрепляется на месте бортиками 174с, что хорошо известно в данной области техники. В конце 176а взрывателя ударной трубы 176 помещается обычная изоляционная крышка 180 для предотвращения статического разряда, что также известно в данной области техники. Рядом с закрытым концом 174а оболочки 174 расположены первичный заряд 182а и главный заряд выхода 182б обычной конфигурации.

Клиновидный стержень 170 вставлен в ламинированное устройство задержки 1010 на расстояние, достаточное, чтобы оставить устройство приема входного сигнала 1016а открытым. Клиновидный стержень 170 не влияет на воспламенение полосы настройки времени задержки 1014 устройством приема входного сигнала 1016, потому что клиновидный стержень 170 отделен от полосы настройки времени задержки 1014 листом ламината 166. Лист ламината 166 защищает полосу настройки времени задержки 1014 как от абразивного истирания, например клиновидным стержнем 170, так и от отслаивания от подложки 1012 во время процесса скатывания.

На Фиг.16 показано устройство задержки 1110, состоящее из подложки 1112, на которой показана сработавшая калибровочная полоса 1120. На подложке 1112 есть устройство приема входного сигнала 1116 и устройство передачи сигнала 1118, которые связаны с полосой настройки времени задержки 1114. Показана пара замедлителей или ускорителей 166а, 166б, нанесенных на полосу настройки времени задержки 1114. Замедлитель или ускоритель и размеры их участков, которые будут в контакте с временной полосой 1114, подбираются так, чтобы обеспечить желаемую скорость горения полосы настройки времени задержки 1114 в зависимости от результатов проверки, полученных при срабатывании калибровочной полосы 1120. Замедлитель или ускоритель 166а, 166б, если необходимо, могут быть поперек полезной длины полосы настройки времени задержки 1114. Замедлитель может включать поглощающие тепло материалы, такие как слой тонких металлических частиц, например меди, которая будет служить поглотителем тепла и поглощать теплоту от реакции горения, таким образом замедляя ее. В альтернативном варианте ускоритель, включающий энергетический материал, имеющий более высокую скорость горения, чем энергетический материал, из которого состоит полоса настройки времени задержки 1114, может быть применен для увеличения скорости

горения полосы настройки времени задержки 1114.

Фиг.17А показывает стадию производства устройства задержки 1210, имеющего на подложке 1212 сработавшую полосу калибровки 1220 и полосу настройки времени задержки 1214, которая расположена от точки х, до точки у, обеспечивая длину полосы настройки времени задержки 1214, которая по меньшей мере равна, но предпочтительно больше, чем желаемая полезная длина, необходимая для достижения желаемого периода задержки. На основании данных, полученных при срабатывании калибровочной полосы 1220, устройство приема входного сигнала 1216 и устройство передачи сигнала 1218 наносятся на подложку 1212, отдаленные друг от друга на расстояние, чтобы обеспечить начальную точку х' и точку выхода у' вдоль полосы настройки времени задержки 1214. Расстояние вдоль полосы настройки времени задержки 1214 между точками х' и у" дает полезную длину полосы настройки времени задержки 1214 и выбирается так, чтобы обеспечить желательный период задержки. Любой подходящий прием, такой как удлинение устройства передачи сигнала 1218 в нужном направлении, как видно на Фиг.17В, может использоваться, чтобы гарантировать, что устройство передачи сигнала 1218 инициирует следующую ступень устройства.

В общем случае, любая одна или более из "регулирующих структур", то есть преодолимые зазоры, замедлители, ускорители, мостиковые полосы или размещение устройств приема входного сигнала и/или устройств передачи сигнала, могут использоваться для регулирования времени горения и, следовательно, времени задержки устройства задержки. Конфигурация и/или состав регулирующей структуры могут или быть определены заранее или основаны на данных, полученных из срабатывания калибровочной полосы.

Несмотря на то, что были описаны подробно различные варианты реализации изобретения, понятно, что изобретение имеет другие применения и может быть воплощено в многочисленных вариациях представленных на чертежах возможных вариантов реализации. Например, устройство задержки данного изобретения может использоваться во взрывных устройствах или устройствах передачи сигнала, помимо детонаторов, и в общем случае пригодно к эксплуатации в любом устройстве, в котором необходима задержка по времени между моментами высвобождения энергии и взрыва.

### Формула изобретения

1. Устройство задержки, содержащее подложку, имеющую, по меньшей мере, одну полосу настройки времени задержки, имеющую начальную точку и точку выхода, расположенные независимо друг от друга; расстояние по полосе настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода определяется как эффективная длина настройки полосы времени задержки; полоса настройки времени задержки содержит первую полосу, контактирующую с начальной точкой и имеющую конечный зазор между первой полосой и точкой выхода, и мостиковую полосу, соединяющую первую полосу с точкой выхода рядом с конечным зазором, так что первая полоса и мостиковая полоса взаимодействуют для определения эффективной длины полосы настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода; полоса настройки времени задержки содержит энергетический материал, пригодный для проведения реакции с выделением энергии вдоль полосы.

2. Устройство задержки по п.1, в котором энергетический материал содержит наноразмерные частицы.

3. Устройство задержки по п.1, в котором полоса настройки времени задержки содержит первую полосу и вторую полосу, отделенные друг от друга зазором, и мостиковую полосу, соединяющую первую полосу и вторую полосу, чтобы закрыть зазор; первая, вторая и мостиковая полосы взаимодействуют, чтобы соединять начальную точку с точкой выхода и таким образом определять эффективную длину полосы настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода.

4. Устройство задержки по п.3, в котором энергетический материал содержит наноразмерные частицы.

5. Устройство задержки по п.1, кроме того, содержащее устройство приема входного сигнала на линии передачи сигнала с начальной точкой полосы настройки времени задержки и устройство передачи сигнала на линии передачи сигнала с устройством выхода полосы настройки задержки времени.

6. Устройство задержки по п.1, также включающее, по меньшей мере, одно из: (а) устройство приема входного сигнала на линии передачи сигнала с начальной точкой полосы настройки времени задержки и (б) устройство передачи сигнала на линии передачи сигнала с устройством выхода полосы настройки задержки времени, и где часть полосы настройки задержки времени закрыта, по меньшей мере, одним из устройств, в результате чего эффективная длина полосы настройки задержки времени определяется расположением устройства или устройств.

7. Устройство задержки по п.6, в котором имеются как устройство приема сигнала, так и устройство передачи сигнала и, по меньшей мере, одно из устройств закрывает часть полосы настройки времени задержки.

8. Устройство задержки по п.1, также включающее устройство приема входного сигнала, расположенное со стороны устройства передачи сигнала, и большое количество полос настройки времени задержки, присоединенных в линии передачи сигнала одним концом к устройству приема входного сигнала, а другим концом - к устройству передачи сигнала с целью обеспечения резервных полос настройки времени задержки для инициирования устройства передачи сигнала.

9. Устройство задержки по п.8, в котором полоса настройки времени задержки включает в себя зону первой шины в начальной точке и зону второй шины в точке выхода сигнала; зона первой шины находится в линии передачи сигнала с устройством приема сигнала, а зона второй шины - в линии передачи сигнала с устройством передачи сигнала.

10. Устройство задержки по п.9, в котором зона второй шины увеличена относительно полосы настройки времени сигнала, вследствие чего энергия, выделяющаяся в зоне второй шины, больше, чем энергия, передаваемая вдоль полосы настройки времени задержки.

11. Устройство задержки по п.1, в котором окислитель содержит  $TiO_2$ .

12. Устройство задержки по п.1, в котором полоса настройки времени задержки содержит структуру настройки, выбранную из группы, состоящей из одного или более преодолимых зазоров, одного или более ускорителей и одного или более замедлителей.

13. Устройство задержки по п.1, в котором энергетический материал содержит наноразмерные частицы топлива  $M'$  и окислитель  $M_yO_x$ , в котором  $M'$  и  $M$  могут быть одинаковыми или различными металлами, а  $y$  и  $x$  могут быть одинаковыми или различными положительными целыми числами.

14. Устройство задержки по п.13, в котором  $M'$  и  $M$  являются одним или более металлами из Ag, Al, B, Cu, Hf, Si, Sn, Ta, W, Y и Zr.

15. Устройство задержки по п.13, в котором  $M'$  и  $M$  являются одним или более металлами из Al, Cu и Ag.

5 16. Устройство задержки по п.1, в котором полоса настройки времени задержки состоит из основной части и дополнительной части; эффективная длина основной части больше, чем дополнительной, и скорость горения дополнительной части больше, чем основной; различие относительной длины основной и дополнительной частей является достаточно большим, чтобы время горения дополнительной части было пренебрежимо мало по сравнению с временем горения основной части и таким образом время задержки в устройстве задержки в основном определялось временем горения основной части.

15 17. Устройство задержки по п.1, в котором подложка имеет расположенную на ней калибровочную полосу, содержащую энергетический материал, пригодный для проведения реакции с выделением энергии вдоль полосы; калибровочная полоса и полоса настройки времени задержки достаточно отделены друг от друга для предотвращения воспламенения полосы настройки времени задержки от калибровочной полосы.

20 18. Устройство задержки по п.1, в котором энергетический материал, по меньшей мере, полосы настройки времени задержки выбирается из класса, состоящего из топлива и окислителя.

25 19. Устройство задержки по п.1, в котором энергетический материал, по меньшей мере, полосы настройки, времени задержки содержит, по меньшей мере, один отдельный слой топлива и, по меньшей мере, один отдельный слой окислителя, причем слой топлива и слой окислителя контактируют друг с другом.

20. Устройство задержки по п.19, в котором энергетический материал калибровочной полосы, по существу, является таким же энергетическим материалом, как и энергетический материал полосы настройки времени задержки.

30 21. Устройство задержки по п.1, в котором энергетический материал калибровочной полосы, по существу, является таким же энергетическим материалом, как и энергетический материал полосы настройки времени задержки.

35 22. Устройство задержки, состоящее из подложки, на которой располагается, по меньшей мере, одна полоса настройки времени задержки, имеющая начальную точку и точку выхода, расположенные отдельно друг от друга, расстояние по полосе настройки времени задержки между начальной точкой и точкой выхода определяется как эффективная длина полосы настройки времени задержки; полоса настройки времени задержки имеет конечный зазор между начальной точкой и точкой выхода и мостиковую полосу, которая закрывает конечный зазор для завершения соединения начальной точки с точкой выхода с помощью полосы настройки времени задержки; полоса настройки времени задержки содержит энергетический материал, пригодный для проведения реакции с выделением энергии вдоль полосы.

45 23. Устройство задержки по п.22, в котором подложка имеет расположенную на ней калибровочную полосу, содержащую энергетический материал, пригодный для проведения реакции с выделением энергии вдоль полосы; калибровочная полоса и полоса настройки времени задержки достаточно отделены друг от друга для предотвращения воспламенения полосы настройки времени задержки от калибровочной полосы.

50 24. Устройство задержки по п.22, в котором энергетический материал, по меньшей мере, полосы настройки времени задержки выбирают из класса, состоящего из

топлива и окислителя.

25. Устройство задержки по п.22, в котором энергетический материал, по меньшей мере, полосы настройки времени задержки содержит, по меньшей мере, один отдельный слой топлива и, по меньшей мере, один слой окислителя, причем слой топлива и слой окислителя контактируют друг с другом.

26. Устройство задержки по п.25, в котором энергетический материал калибровочной полосы, по существу, является таким же энергетически материалом, как и энергетический материал полосы настройки времени задержки.

27. Устройство задержки по п.22, в котором энергетический материал калибровочной полосы, по существу, является таким же энергетически материалом, как и энергетический материал полосы настройки времени задержки.

28. Способ изготовления устройства задержки, выполненного в соответствии с любым из пп.1-27, включающий нанесение на подложку полосы настройки времени задержки, имеющей начальную точку и точку выхода сигнала, полоса настройки времени задержки включает энергетический материал, включающий топливо и окислитель, причем топливо и окислитель наносятся на подложку раздельно отдельными слоями топлива и окислителя, которые контактируют один с другим на подложке.

29. Способ по п.28, включающий также нанесение на подложку калибровочной полосы из энергетического материала, достаточно отделенной от полосы настройки времени задержки с целью предотвращения воспламенения полосы настройки времени задержки от калибровочной полосы.

30. Способ по п.29, в котором энергетический материал калибровочной полосы в значительной мере тот же самый, что и энергетический материал полосы настройки времени задержки.

31. Способ изготовления устройства задержки, включающий:

(а) нанесение на подложку полосы настройки времени задержки, имеющей точку входа и точку выхода сигнала, полоса настройки времени задержки состоит из энергетического материала с заданной скоростью горения вдоль ее длины, и эффективной длиной полосы, являющейся длиной между начальной точкой и точкой выхода сигнала, эффективная длина и скорость горения определяют время задержки устройства задержки;

(b) нанесение на подложку калибровочной полосы данной длины, имеющей начальную точку и конечную точку, калибровочная полоса состоит из энергетического материала, который в значительной степени идентичен энергетическому материалу полосы настройки времени задержки;

(с) поджигание калибровочной полосы и измерение времени горения калибровочной полосы от начальной до конечной точки для установления таким образом скорости горения калибровочной полосы и

(d) после стадии (с), регулирование эффективной длины полосы настройки времени задержки для достижения желаемого времени задержки, принимая скорость горения полосы настройки времени задержки равной установленной скорости горения калибровочной полосы.

32. Способ по п.31, в котором стадия (d) осуществляется нанесением в начале только части полосы настройки задержки времени, оставляя, по меньшей мере, один конечный разрыв между начальной точкой и точкой передачи сигнала, и замыканием конечного разрыва или разрывов мостиковой полосой для создания непрерывной полосы настройки времени задержки от начальной точки до точки

передачи сигнала, конфигурация мостиковой полосы создает такую эффективную длину полосы настройки задержки времени, чтобы обеспечить желаемый период задержки устройства задержки на основе скорости горения, определенной для калибровочной полосы.

5 33. Способ по п.31, в котором стадия (d) осуществляется путем создания одного или нескольких преодолимых разрывов в полосе настройки времени задержки.

34. Способ по п.31, в котором стадия (d) осуществляется путем нанесения одного или более ускорителей на полосу настройки времени задержки.

10 35. Способ по п.31, в котором стадия (d) осуществляется путем нанесения одного или более замедлителей на полосу настройки времени задержки.

36. Способ по п.31, в котором устройство задержки также включает, по меньшей мере, одно из: (a) входное устройство на линии передачи сигнала с точкой входа полосы настройки задержки времени и (b) устройство передачи сигнала на линии  
15 передачи сигнала с устройством выхода сигнала полосы настройки задержки времени, и стадию (d), закрытием части полосы настройки задержки времени по меньшей мере одним из устройств, за счет чего эффективной длиной полосы настройки задержки времени является длина, оставшаяся не закрытой устройством  
20 или устройствами.

37. Способ по п.36, включающий также закрытие одного участка полосы настройки времени задержки устройством приема входного сигнала и другой части  
25 полосы настройки времени задержки устройством передачи сигнала для установления эффективной длины полосы настройки времени задержки как длины полосы между устройством приема входного сигнала и устройством передачи сигнала, которая не закрыта устройствами.

38. Способ по п.31 или 32, в котором энергетический материал включает наноразмерные частицы.

30 39. Способ по п.31 или 32, в котором энергетический материал состоит по меньшей мере из одного отдельного слоя топлива и по меньшей мере одного отдельного слоя окислителя, слой топлива и слой окислителя находятся в контакте один с другим.

40. Способ по п.31 или 32, включающий нанесение полосы настройки времени задержки и калибровочной полосы на одну и ту же подложку.

41. Способ по п.31 или 32, включающий нанесение полосы настройки времени задержки и калибровочной полосы на соответствующие отдельные подложки.

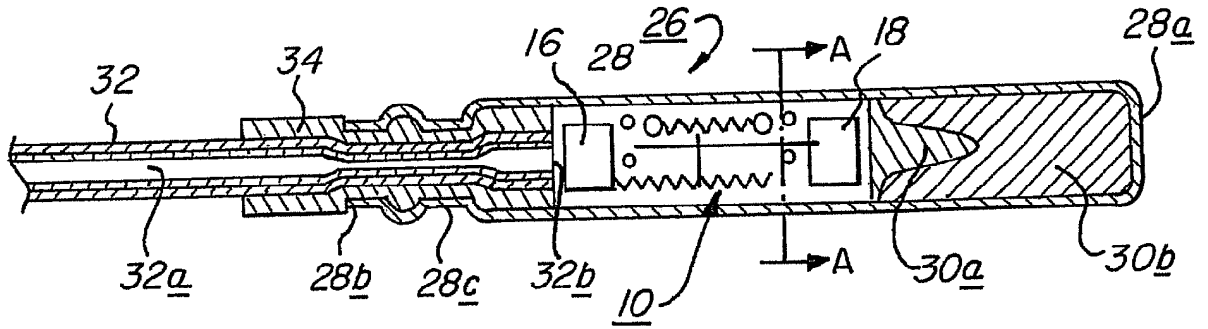
40 42. Способ по п.31 или 32, в котором энергетический материал включает наноразмерные частицы топлива  $M'$  и окислителя  $M_yO_x$ , где  $M'$  и  $M$  могут быть одним и тем же или различными металлами, а  $y$  и  $x$  могут быть одинаковыми или различными положительными целыми числами 1, 2, 3...n.

43. Способ п.42, в котором  $M$  и  $M'$  являются одним или более металлами из Ag, Al, В, Cu, Hf, Si, Sn, Ta, W, Y и Zr.

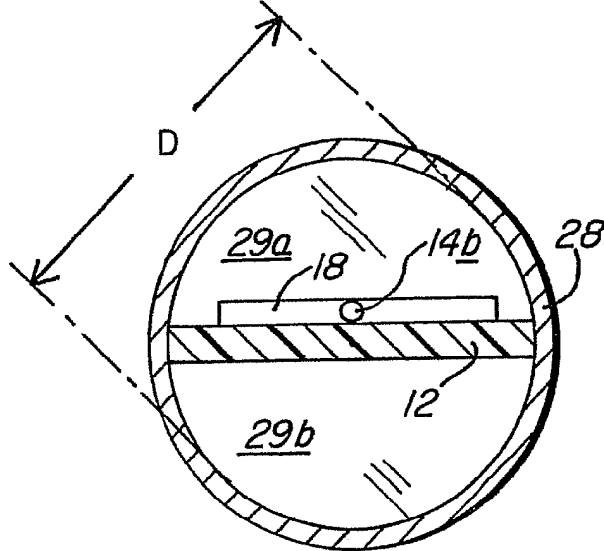
45 44. Способ п.42, в котором  $M'$  и  $M$  являются одним или более металлами из Al, Cu и Ag.

45. Способ п.42, в котором  $M$  является титаном,  $y=1$  и  $x=2$ .

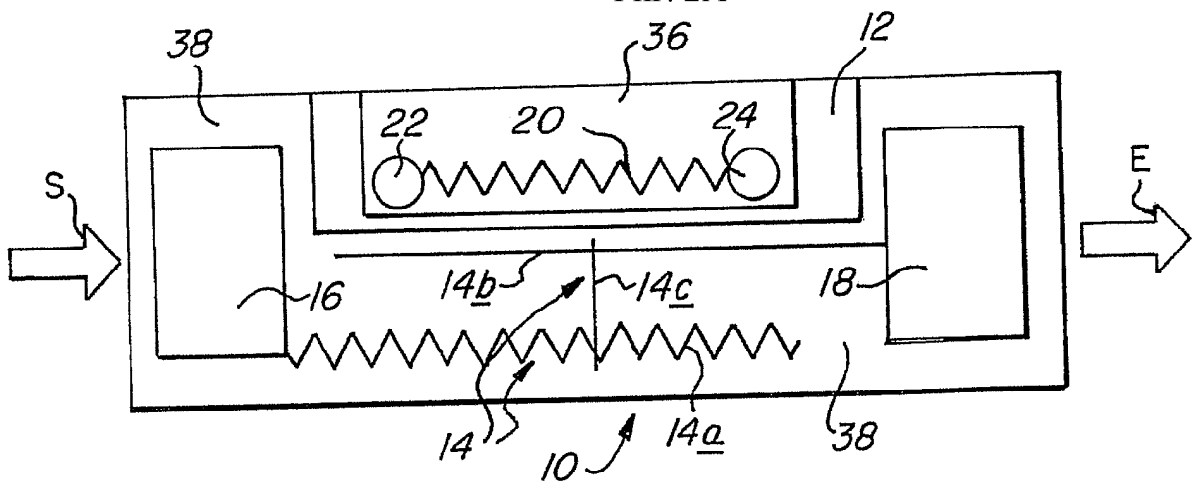
50



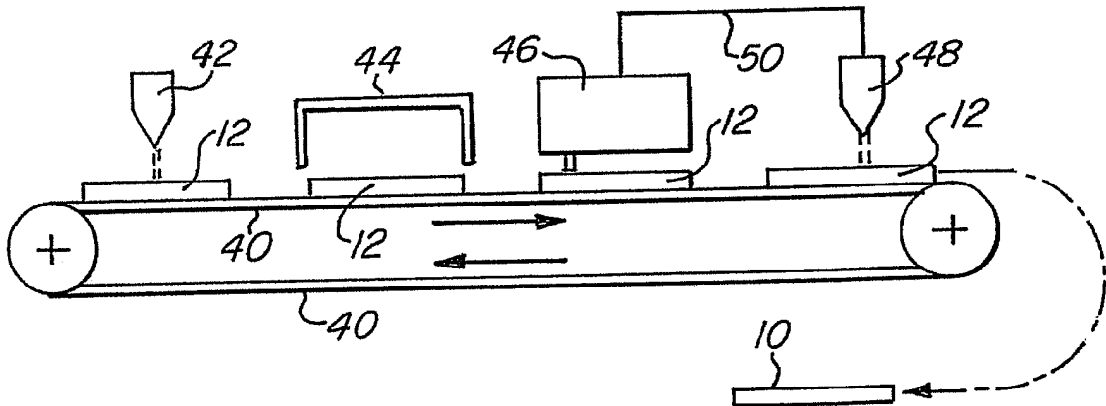
Фиг. 2



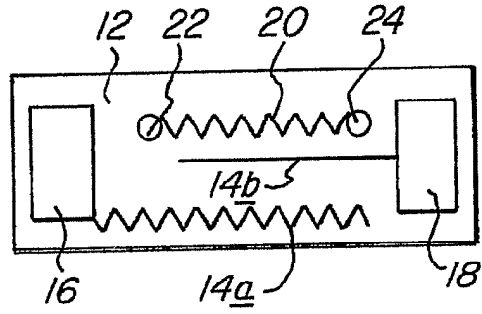
Фиг. 2А



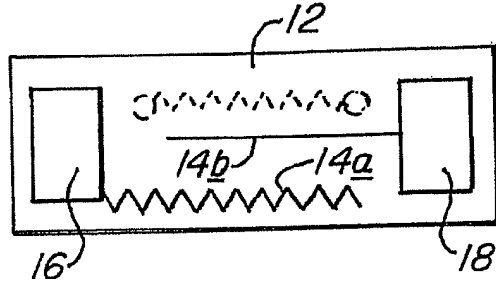
Фиг. 3



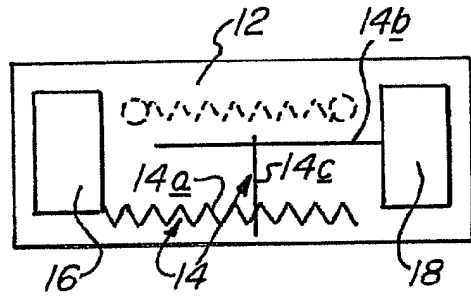
Фиг. 4



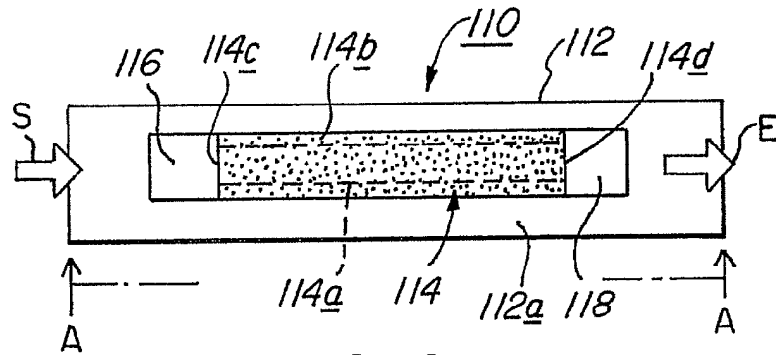
Фиг. 4А



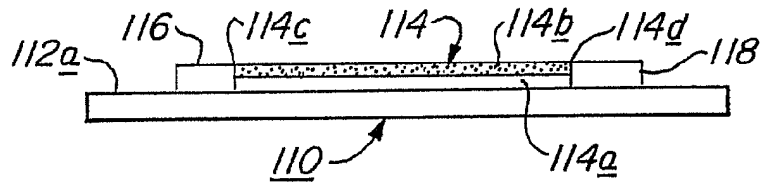
Фиг. 4В



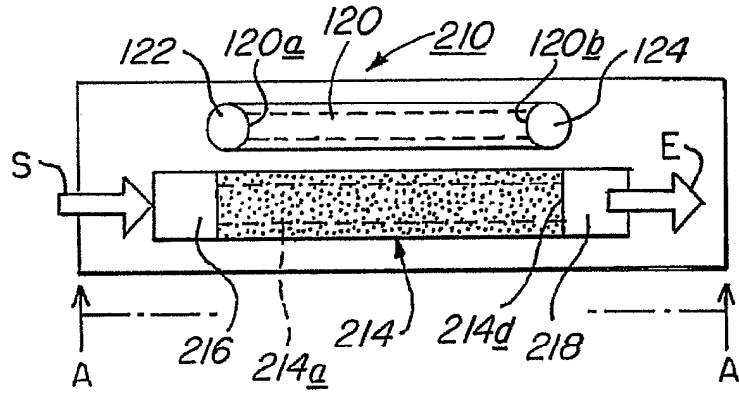
Фиг. 4С



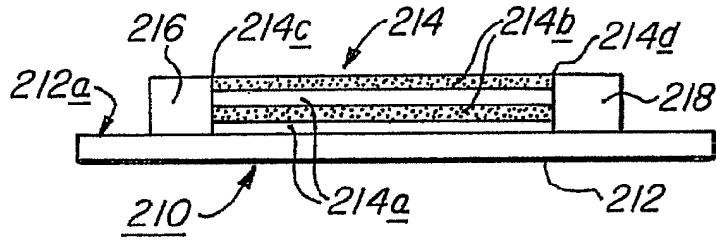
Фиг. 5



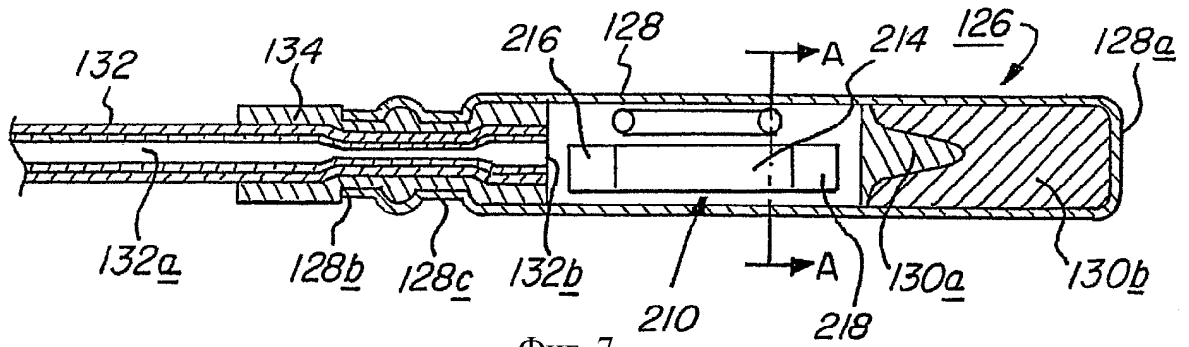
Фиг. 5А



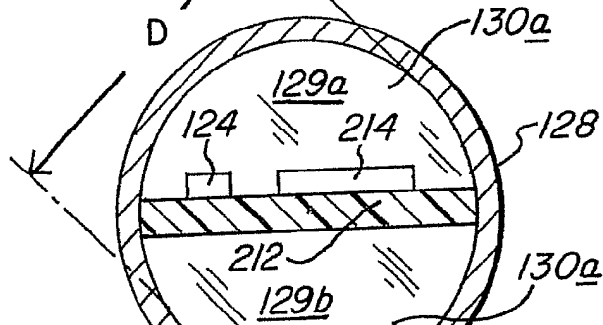
Фиг. 6



Фиг. 6А

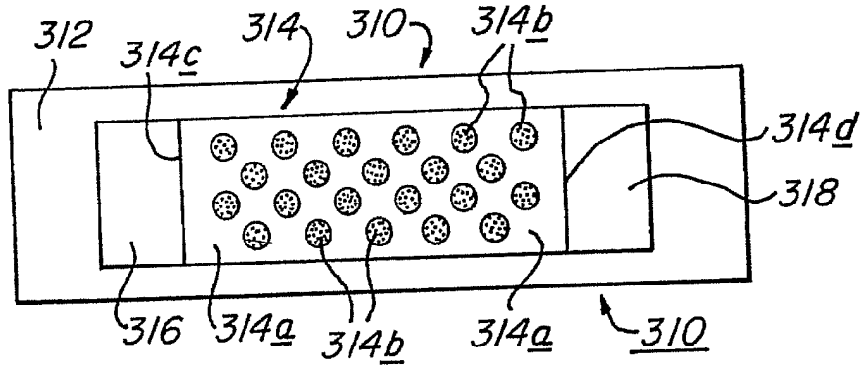


Фиг. 7

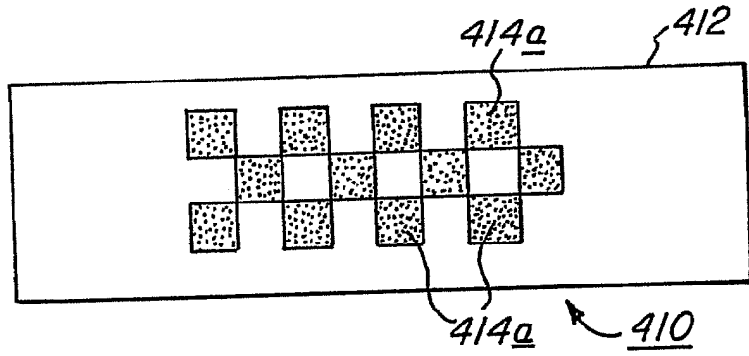


Фиг. 7А

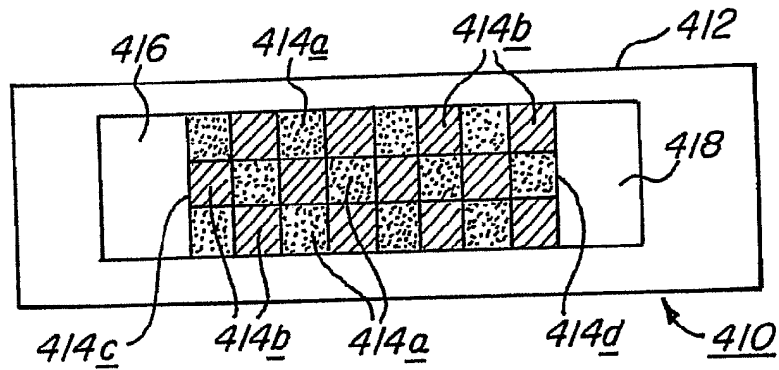




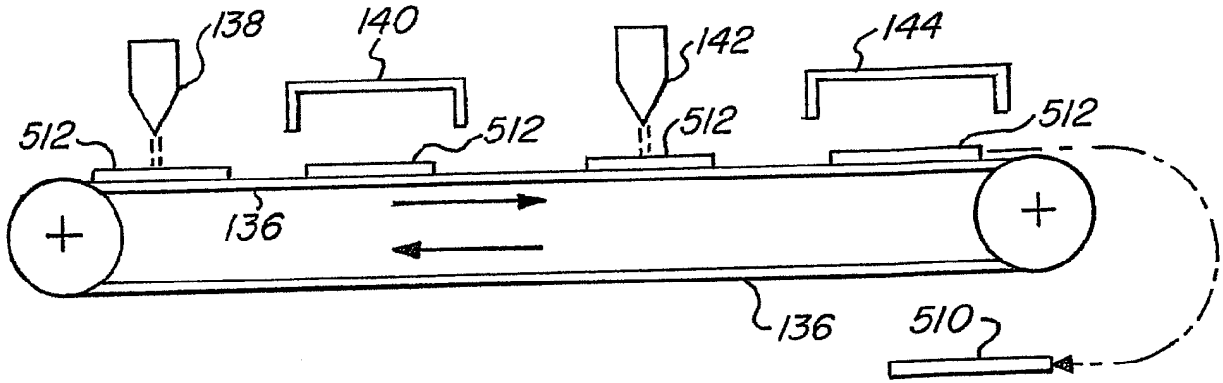
Фиг. 8



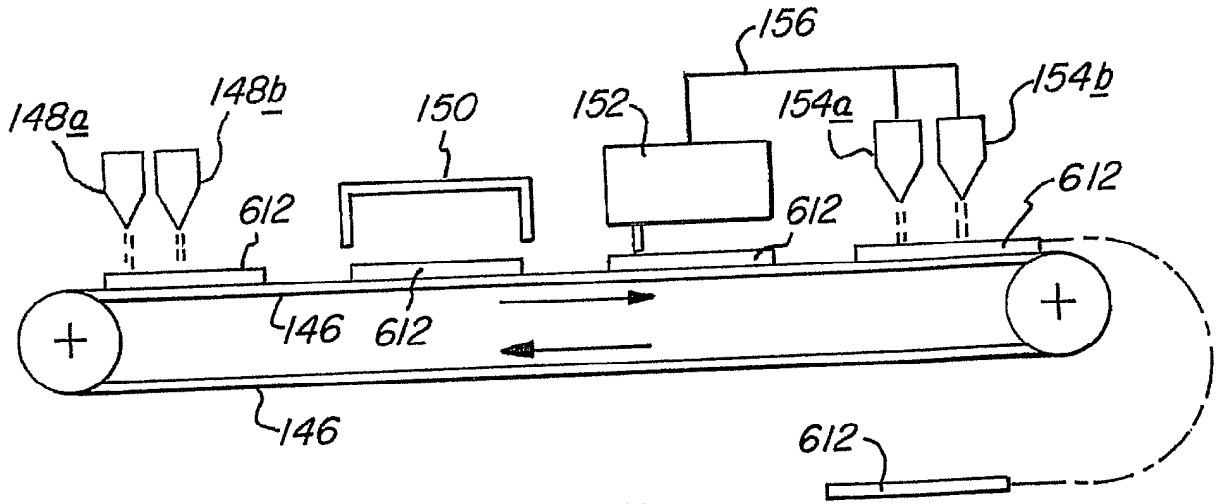
Фиг. 9А



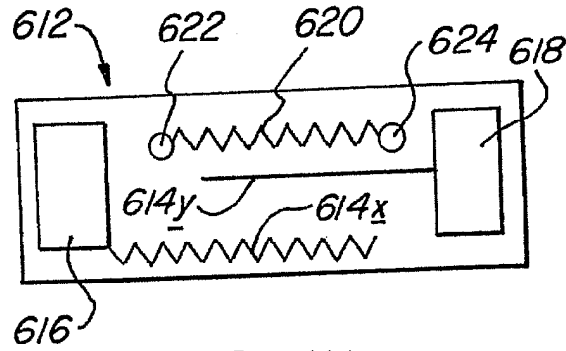
Фиг. 9В



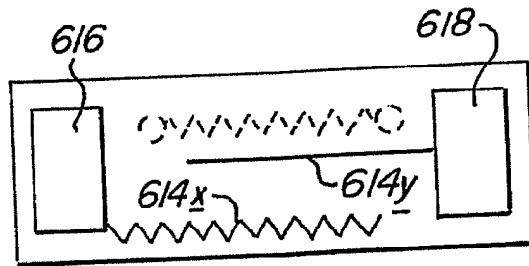
Фиг. 10



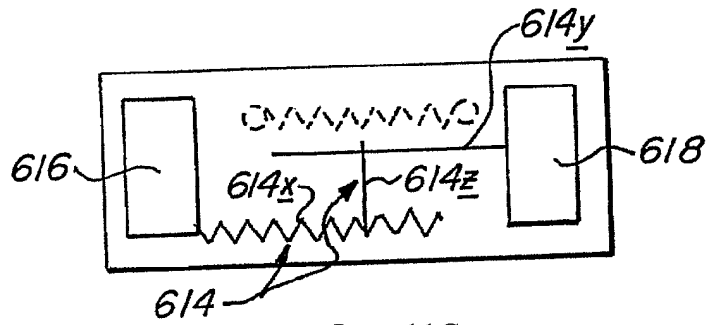
Фиг. 11



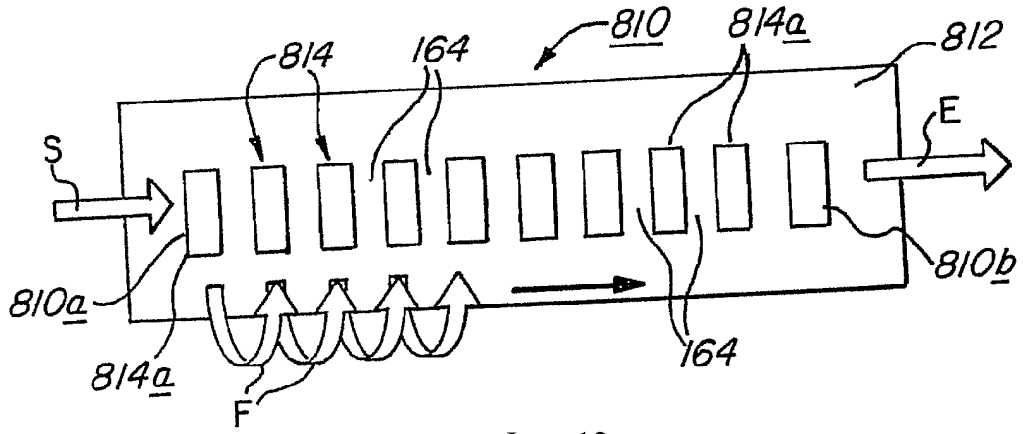
Фиг. 11А



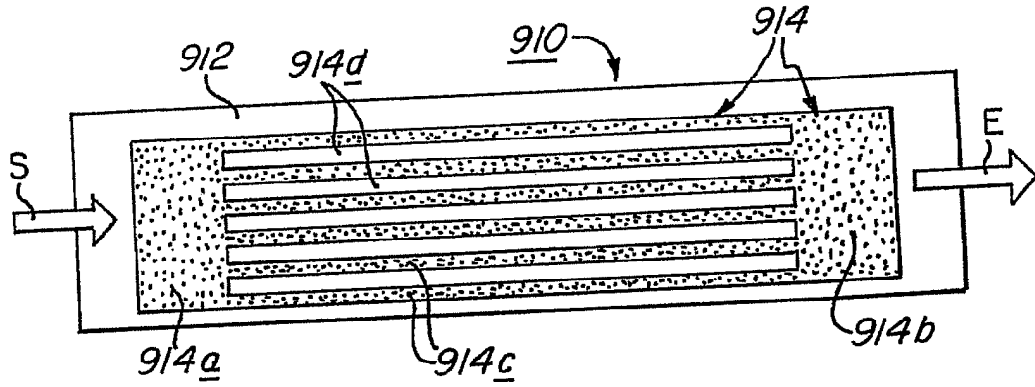
Фиг. 11В



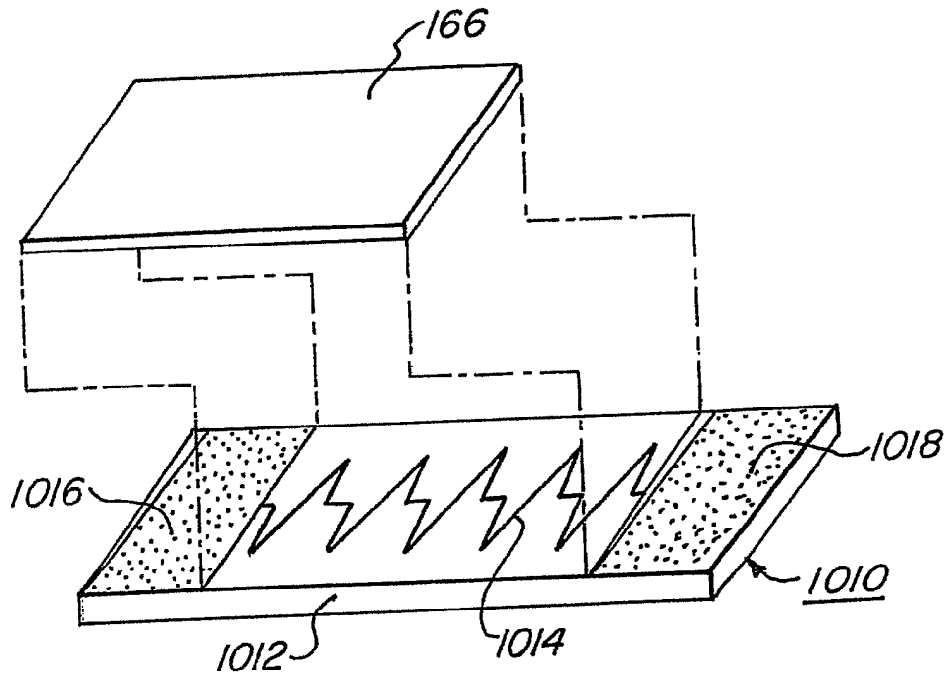
Фиг. 11С



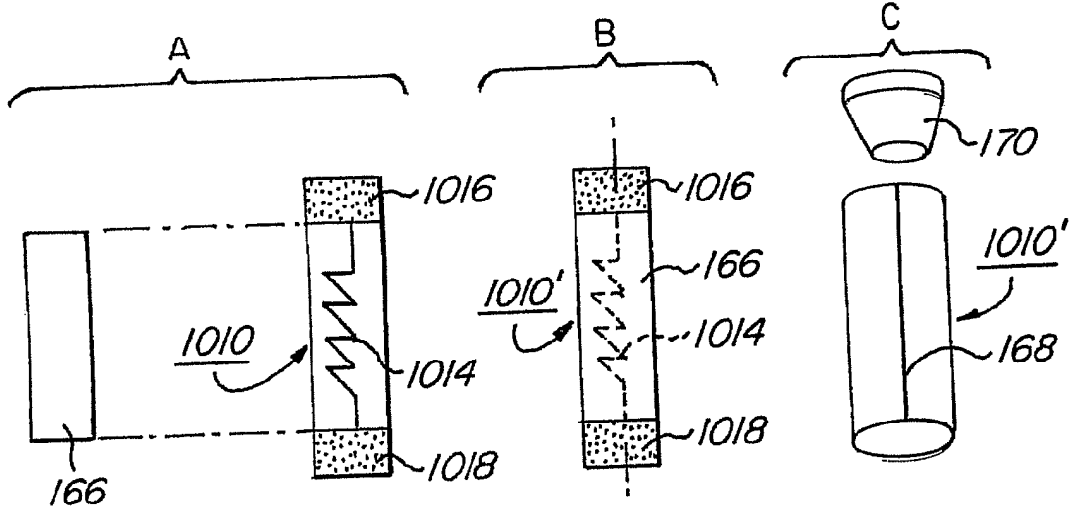
Фиг. 12



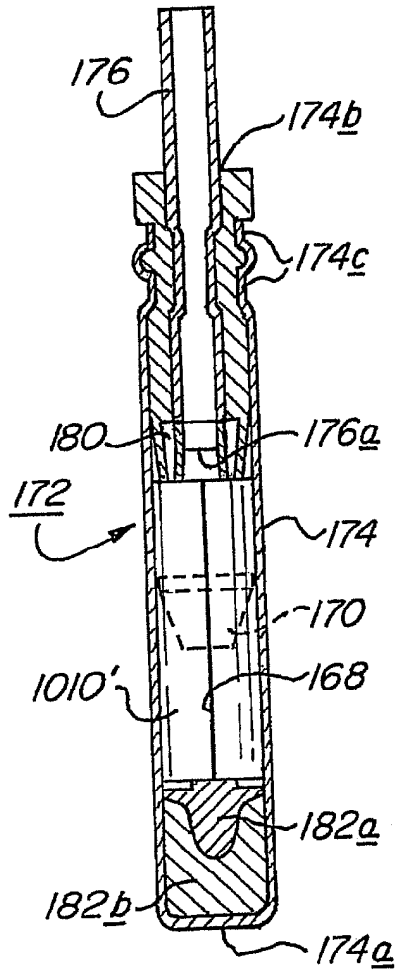
Фиг. 13



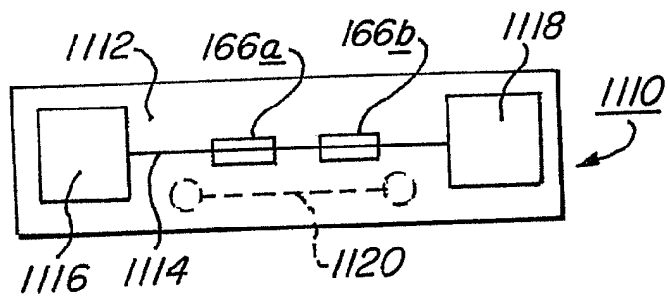
Фиг. 14



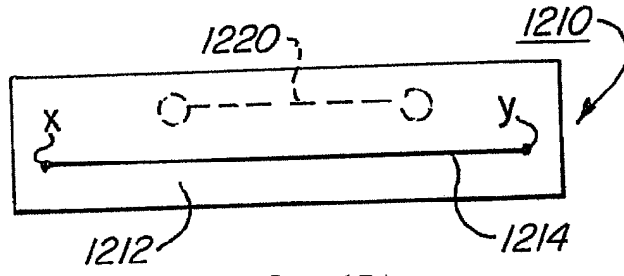
Фиг. 14А



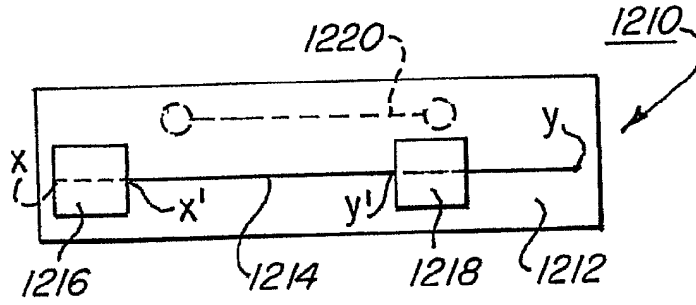
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17А



Фиг. 17В