

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 035083

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.24

(51) Int. Cl. G01N 21/85 (2006.01)

(21) Номер заявки
201691277

(22) Дата подачи заявки
2014.12.12

(54) ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАСОРЕНИЯ ГАЗОВОГО ДЕТЕКТОРА

(31) 20131712

(56) JP-A-2002081986
DE-A1-102010048208
JP-A-H02172514
US-A1-2007013534

(32) 2013.12.19

(33) NO

(43) 2017.06.30

(86) PCT/EP2014/077502

(87) WO 2015/091243 2015.06.25

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СИМТРОНИКС АС (NO)

(72) Изобретатель:
Йохансен Иб-Руне, Сторос Пребен,
Лаколле Маттье, Ванг Даг Торстейн,
Карлссон Арне, Грестад Йон Олав,
Мьелник Михель Марек (NO)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к блоку газового детектора, включающему газовую ячейку, наружный корпус, обеспечивающий доступ к газу снаружи через защитный фильтр, благодаря которому газовую ячейку безопасно использовать во взрывоопасных средах, т.е. спеченный фильтр, и средство обнаружения уменьшения циркуляции через указанный защитный фильтр.

035083

B1

035083

B1

Настоящее изобретение относится к области обнаружения газа, а именно относится к безотказному обнаружению газа на нефтегазовых установках.

Хорошо известной проблемой является возможность появления ядовитых газов на нефтепромысловых и подобных им объектах; и для наблюдения за такими условиями окружающей обстановки широко используют оптические датчики, регистрирующие спектр поглощения или спектр флуоресценции газа, например, как описано в US 5218422 и US 5886247. Измерения осуществляют путем направления газа в измерительную ячейку, пропускания через ячейку света с определенной длиной волны или диапазоном длин волн и либо непосредственной регистрации поглощения на определенных типичных длинах волн, либо регистрации детектором спектра флуоресценции, часто с использованием интерферометров Фабри-Перо для выбора длин волн, специфичных для газа, подлежащего обнаружению. Однако есть такие газы, которые трудно обнаружить с помощью оптических средств измерения, так как их спектр совпадает со спектром другого, часто безвредного газа. Одним из примеров такого газа является H_2S , который трудно отличить от воды, но который часто встречается при нефтедобыче и может быть очень опасным. Газообразные NO_x также может быть трудно обнаружить с полной достоверностью.

Другой проблемой, свойственной известным подходам, является то, что для обеспечения безотказного детектора необходимо свести к минимуму потребление энергии и количество движущихся деталей, таким образом, сложные системы, например, включающие насосы, как описано в US 5886247, должны быть исключены. Другая сложная система контроля газа описана в US 2007/285222; в ней измерительные головки, например, для обнаружения сероводорода размещены в колонке на разных высотах, т.е. подлежащие обнаружению газы разделяются. Другой подход, относящийся к использованию в нефтегазодобыче, описан в US 7705988, где утверждается, что надежность оптического обнаружения сероводорода низка, и, таким образом, его обнаружение увязывают с количеством метана и известной долей сероводорода в потоке.

Имеется ряд принципов измерения, которые могут быть использованы для обнаружения сероводорода (H_2S), такие как каталитические, электрохимические и МОП, однако, как правило, эти датчики не способны зафиксировать функциональный отказ. Это означает, что датчики могут перестать работать, но пользователи не получают информации об этом.

Имеется потребность в простом оптическом газовом детекторе, обеспечивающем надежные результаты измерений для токсичных газов и способном, при этом, контролировать свой функциональный статус. Такой детектор описан в прилагаемой формуле изобретения.

Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает решение, в соответствии с которым контролируемый газ движется через катализирующую мембрану, преобразующую его в легко обнаружимый газ, например преобразующую H_2S в SO_2 , и в котором работа датчика проверяется путем обнаружения возможного засорения, которое приводит к уменьшению или полному прекращению циркуляции в устройстве и через мембрану.

Изобретение будет более подробно описано со ссылкой на прилагаемые чертежи, поясняющие изобретение на примере.

На фиг. 1 показана оптическая система, включающая измерительную ячейку газового детектора.

На фиг. 2 показана катализирующая мембрана, соответствующая предпочтительному варианту осуществления изобретения.

На фиг. 3а, 3b схематично показаны измерительные ячейки, соответствующие изобретению.

На фиг. 4а, 4b мембраны, изображенные на фиг. 3а, 3b, показаны на виде спереди.

На фиг. 5 показан вариант осуществления изобретения, в котором катализатор, образующий мембрану, представляет собой смотанный шнур, покрывающий отверстие.

На фиг. 6 и 7 показаны альтернативные варианты расположения шнура, образующего мембрану.

На фиг. 8 показана соответствующая предпочтительному варианту осуществления изобретения система со взрывобезопасной оболочкой. Такой тип оболочки в большинстве случаев мог бы состоять из пламегасителя, такого как спеченный фильтр, через который может проходить газ, но не может распространяться взрыв или пламя, и твердой оболочки вокруг всей системы.

На фиг. 1 показана измерительная система, соответствующая известному уровню техники и основанная на флуоресцентном способе, в которой источник света 1 излучает свет через систему 2 линз, свет фокусируется 3 в ячейке 6, предпочтительно, снабженной покрытием, препятствующим отражению света внутри нее. В фокальной точке 3 происходит флуоресценция, из нее свет проходит через вторую систему 4 линз на оптический датчик, способный регистрировать длину волны и интенсивность поступающего излучения.

Ячейка 6 обычно закрыта, за исключением отверстия с катализирующей мембраной, через которое в ячейку поступает газ. В показанном примере ячейка также снабжена окнами 7, пропускающими в ячейку и из нее свет, при этом окна расположены под углом с целью уменьшения отсчетов от источника света внутри ячейки.

Может быть использована другая измерительная система, например, для измерения спектра света, напрямую проходящего через ячейку, при этом важным аспектом является то, что система включает ячейку, в которой находится подлежащая измерению текучая среда, а именно газ.

В соответствии с настоящим изобретением внутренний объем ячейки 6 обеспечивается по меньшей мере одной стенкой или частью стенки, как показано на фиг. 2, в которой имеются отверстия для доступа внутрь целевого газа. Природа отверстий может отличаться, однако отверстия должны обеспечивать диффузию целевого газа.

В примере фиг. 2 отверстия представляют собой отверстия 11 в кремниевой мембране 10, через которые может проходить газ 9. Вообще, стенка ячейки с отверстиями 11 показана на фиг. 3а, тогда как на фиг. 3b показан вариант использования сетки 12 или другого материала. На фиг. 4а и 4b показана стенка с отверстиями или сетка, как на фиг. 3а и 3b соответственно, тогда как на фиг. 5-7 показано использование одной или нескольких проволок или каталитических шнуров 13, пересекающих отверстие 17 в стенке 18; таким образом, показано, что площадь отверстия должна быть открытой настолько, чтобы газ мог проникать внутрь.

В соответствии с настоящим изобретением мембрана 10, 11, 12, 13 снабжена катализатором, обеспечивающим прохождение химической реакции. Обычно для прохождения реакции катализатор нагревают. В предпочтительном варианте осуществления изобретения для обнаружения H_2S катализатор выбирают так, чтобы преобразовывать этот газ в SO_2 , который легко обнаружить при помощи соответствующей оптической системы.

Как указано выше, в данной системе может быть использован катализатор различных типов в зависимости от преобразуемого газа. В случае H_2S катализатор может быть изготовлен из сплавов FeCrAl (например, Kanthal), нагретых до соответствующей температуры, например от 300 до 500°C, при которой может быть достигнута 100% конверсия. При более низкой температуре, т.е. 200°C, преобразуется менее 100% газа, однако датчик, в принципе, все же работает. В одном из вариантов осуществления изобретения нагревательный элемент представляет собой плетеную сетку из сплава FeCrAl, и нагревание осуществляют путем соединения мембраны с источником электропитания и подачи напряжения с целью достижения заданной температуры. Толщина проволоки из сплава FeCrAl может лежать в диапазоне от 0,05 до 0,2 мм. Сплав FeCrAl очень хорошо подходит для такого типа комбинированного нагрева, так как поверхность определенных типов сплава FeCrAl может выдерживать температуры выше 1500°C и несколько лет работать при температуре менее 500°C.

На плетеную сетку из сплава FeCrAl может быть нанесено покрытие из Fe_2O_3 или Cr_2O_3 с целью повышения конверсии H_2S в SO_2 . Также применимы покрытия других типов, такие как CuO или Cu_2O , при более высоких температурах может быть использована поверхность Al_2O_3 . Оксиды и сульфиды Co, Mo, Ni, W, V, Al и Mn также являются возможными кандидатами на роль каталитических конвертеров. Для обнаружения других газов на поверхность плетеной сетки из сплава FeCrAl могут быть нанесены различные типы покрытия.

В другом варианте осуществления изобретения сплав FeCrAl имеет форму не плетеной сетки, а проволоки, намотанной вокруг рамы, как показано на фиг. 5. Обычно может быть использована проволока из сплава FeCrAl диаметром около 0,1 мм, намотанная с шагом 0,15 мм. Преимуществом такого подхода над вариантом с плетеной сеткой является то, что увеличивается сопротивление нагревателя, что может быть выгодно в тех вариантах применения, где сила тока ограничена.

Предпочтительно мембрану предварительно нагревают, чтобы предотвратить поглощение H_2S во время измерения. Кроме того, для обеспечения стабильного функционирования поверхность мембраны обжигают.

Структура, показанная на фиг. 2, представляет собой кремниевую мембрану, снабженную нагревательным слоем и поверхностными слоями из оксида кремния или нитрида кремния. В кремниевой мембране имеется ряд отверстий для прохода газа, во время которого газ нагревается и вступает в реакцию с катализатором. Катализатор может быть нанесен в виде покрытия на поверхность из диоксида кремния или нитрида кремния, либо поверхность может быть снабжена слоем из Al_2O_3 (например, путем осаждения атомного слоя), после чего покрыта указанными выше катализаторами. Нагреватель также может быть изготовлен из полупроводников других типов или керамических композиций.

Площадь поперечного сечения в месте, где размещен нагретый катализатор, обычно может лежать в диапазоне от 1 до 100 мм² в зависимости от времени реакции, требуемого от датчика. Время реакции определяется объемом измерительной ячейки 6 оптического датчика и количеством газа, способного диффундировать через конвертер. При небольшом объеме время реакции обычно мало, поскольку нужно конвертировать меньше газа, при небольшом объеме также требуется меньше энергии на проведение той же реакции. Приемлемое время реакции датчика может быть получено при объемах до 4 см³. Обычно объем измерительной ячейки 6 оптического датчика составляет менее 1 см³, более типично 5 мм³.

Коэффициент заполнения (т.е. отношение площади, заполненной проволокой, к незаполненной площади) основы нагревателя (проволоки, мембраны или плетеной сетки) обычно составляет около 50%, обеспечивая диффузию и конверсию газа менее чем за несколько секунд. При меньшем коэффициенте заполнения увеличится время, необходимое для конверсии, однако датчик, в принципе, все же будет работать, только более медленно.

Калибровка отклонения может быть осуществлена путем отключения нагревания нагретого катализатора на время, достаточное для охлаждения конвертера до температуры, при которой конверсия не

происходит (обычно от 0,5 до 100 с), и измерения ответного сигнала. Этот ответный сигнал не может поступать от целевого газа, поскольку конвертер выключен, и данный ответный сигнал может быть вычитен из значения нулевой линии для калибровки достоверного нулевого содержания газа. Такая калибровка нулевого содержания газа может выполняться время от времени, обычно, раз в неделю или раз в месяц, при помощи программного обеспечения.

В случае датчика H_2S , присутствие SO_2 может вносить ошибку в калибровку нулевого содержания газа. Ее можно скорректировать. В работе E. Xue, K. Seshan, J.R.H. Ross: "Roles of supports, Pt loading and Pt dispersion in the oxidation No to NO_2 and of SO_2 to SO_3 ", опубликованной в Applied Catalysis B: Environmental 11 (1996) 65-79, описано, как платиновый катализатор (Pt), нагретый примерно до 300°C , может быть использован для конверсии SO_2 в SO_3 . Осуществляя конверсию SO_2 в SO_3 , можем исключить влияние SO_2 на измерения и, тем самым, осуществить калибровку нуля прибора в режиме реального времени. Это может быть выполнено путем нагревания платинового катализатора примерно до 350°C с одновременным отключением катализатора конверсии H_2S в SO_2 . Когда достигнуто стабильное состояние, проводят измерение амплитуды оставшегося сигнала, и эту амплитуду, которую также называют отклонением, вычитают из последующих результатов измерений, обеспечивая калибровку достоверного нулевого содержания газа.

В случае датчика, используемого во вредной и взрывоопасной среде, температура его поверхности не должна превышать определенного предела. Обычно, чтобы исключить взрыв или возгорание, для изоляции высокотемпературного катализатора 15 от окружающей среды используют спеченный фильтр 14, как показано на фиг. 8. В функции спеченного фильтра также входит предотвращение распространения искр, пламени или взрыва изнутри оболочки 16 детектора вовне. Возможным функциональным отказом спеченного фильтра 14 может быть частичное засорение и, тем самым, ограничение диффузии газа через спеченный фильтр. Последствием этого является увеличение времени реакции датчика и, в самом худшем случае, когда спеченный фильтр полностью закупорен, датчик не реагирует вовсе. Следовательно, важно выявить подобное засорение и подать выходной сигнал, указывающий на отказ.

Вообще, такой функциональный отказ, когда спеченный фильтр засорен, может быть идентифицирован по изменению функции преобразования или импульсной характеристики спеченного фильтра. Функция преобразования может быть измерена путем подачи ступенчатого возмущения и измерения реакции. Ступенчатое возмущение в форме повышенного давления может подаваться в заданное время, а функция преобразования или реакция на ступенчатое возмущение спеченного фильтра может быть измерена при помощи датчика давления. Обычно, когда степень засоренности спеченного фильтра увеличивается, возрастает время реакции. Реакция на ступенчатое возмущение может контролироваться различными способами, например при помощи насоса или акустической системы, изменяющей объем внутри спеченного фильтра, быстрого изменения температуры, вызывающего увеличение давления во внутреннем объеме спеченного фильтра, или подачи или отбора некоторого количества газа с целью изменения давления, например, при помощи камеры с отличающейся температурой. Вместо измерения реакции спеченного фильтра на ступенчатое возмущение могут быть произведены замеры компонентов функции преобразования путем измерения частотной характеристики на одной или нескольких частотах. Спеченный фильтр будет работать как фильтр нижних частот, допуская небольшое изменение давления (звук) и отфильтровывая более высокие частоты. Например, можно модулировать акустическую систему по частоте, близкой к частоте f_0 , задаваемой постоянной времени спеченного фильтра. Измеряем ответный сигнал внутри измерительной ячейки, где спеченный фильтр является единственным выходом наружу. Изменение амплитуды и/или фазы может быть использовано для оценки постоянной времени системы и, тем самым, установления того, что спеченный фильтр позволяет газу поступать внутрь. Для повышения точности этого способа можно использовать несколько частот.

Функциональный отказ спеченного фильтра можно также обнаружить другим способом. Рабочий спеченный фильтр пропускает газ внутрь, а газ снаружи намного холоднее, чем внутри ячейки из-за нагревания катализатора. Это означает, что температура газа возле спеченного фильтра будет ниже, когда газ проходит через спеченный фильтр, тогда как по мере засорения спеченного фильтра температура будет расти. Точность этого способа можно повысить путем измерения температуры газа в нескольких точках, включая температуру снаружи. Кроме того, температуру газа внутри датчика можно модулировать или изменять скачкообразно с целью измерения функции преобразования или импульсной характеристики, как описано выше.

Например, NO_x могут быть преобразованы в N_2O платиновыми (Pt), палладиевыми (Pd), родиевыми (Rh) катализаторами или их сочетанием, как описано в "Emissions of nitrous oxide and methane from alternative fuels for motor vehicles and electricity-generating plants in the U.S.", ucd-its-rr-03-17f, December 2003, T. Lipman and M. Delucchi. Когда NO_x преобразуется в N_2O , N_2O может быть без труда обнаружен оптическими способами, такими как инфракрасная спектроскопия.

Преобразование большого объема газа занимает больше времени и требует больше энергии, чем преобразование небольшого объема газа. С точки зрения создания быстро реагирующих датчиков и снижения энергопотребления объем преобразуемого газа должен быть настолько мал, насколько это воз-

можно. В таком случае предпочтение отдается оптическому обнаружению: а) флуоресцентному способу обнаружения и б) фотоакустическому способу обнаружения, которые точны и при очень небольших объемах газа.

В некоторых случаях, когда используется пульсирующий источник, такой как ксеноновая импульсная лампа, общее число импульсов на протяжении срока службы ламп ограничено. В других случаях ограничено доступное количество энергии, и хотелось бы экономить энергию, используя как можно меньшее ее количество. Чтобы исключить ложные сигналы тревоги, была изобретена следующая процедура. Когда для обнаружения газа используют импульсный источник, этот импульсный источник, как правило, работает на заданной частоте, а блок обработки сигналов производит оценку количества газа в соответствии с заданным пределом подачи сигнала тревоги, датчик осуществляет проверку полученного количества газа путем увеличения частоты импульсного источника с заданным коэффициентом (например, в 30 раз) и усредняет эти результаты за определенный период времени (например, 0,5 с), как правило, намного меньший, чем время реакции датчика. Усредненный результат (или его модифицированная версия, учитывающая предыдущие измерения) затем выступает в роли выходного сигнала датчика, позволяя исключить ложные сигналы тревоги.

Подводя итоги, можно сказать, что настоящее изобретение относится к ячейке газового детектора, предназначенной для обнаружения заданного газа, при этом ячейка снабжена оптическим средством исследования образца газа, присутствующего в ячейке. Ячейка образована объемом, заключенным внутри контейнера, при этом по меньшей мере часть стенки контейнера образована мембраной, каковая мембрана снабжена отверстиями, позволяющими газу диффундировать сквозь нее. В отверстиях мембраны находится катализатор, предназначенный для преобразования диффундирующего газа в указанный заданный газ. Толщина мембраны не имеет существенного значения, так что в данном случае этот термин может подразумевать широкий диапазон, однако отверстия выбирают так, чтобы через них мог диффундировать газ.

Предпочтительно заданный газ это H_2S , а образец газа это SO_2 , в этом случае катализатор предназначен для преобразования H_2S , проходящего сквозь отверстия в указанной мембране, в SO_2 . Катализатор может иметь форму сетки, мембраны с отверстиями, проволоки или иную конструкцию, достаточно открытую для прохождения газа сквозь отверстия. Катализатор в этом случае предпочтительно изготовлен из сплава FeCrAl.

Один из альтернативных вариантов показан на фиг. 2, где мембрана представляет собой кремниевую мембрану, снабженную отверстиями и обработанную Fe_2O_3 или Cr_2O_3 . Другой альтернативой является кремниевая мембрана, снабженная отверстиями и обработанная оксидом Cu, Co, Mo, Ni, W, V, Al или Mn.

Заданным газом также может быть NO_x , тогда катализатор осуществляет преобразование NO_x , проходящего сквозь отверстия в указанной мембране, в N_2O .

Объем образца газа, присутствующего в ячейке, может изменяться в зависимости от способа его анализа и в случае H_2S может составлять менее 1 см^3 , возможно менее 5 мм^3 .

Средство оптического обнаружения может быть основано на описанном выше флуоресцентном способе обнаружения, который хорошо известен и не нуждается в более подробно описании. Одной из альтернатив средству оптического обнаружения является средство фотоакустического обнаружения, которое также хорошо известно и описано выше. Выбор средства измерения зависит от газа, который нужно обнаружить, а также от других, практических соображений.

Импульсный источник может быть использован для обнаружения газа и во флуоресцентном, и в оптическом способе обнаружения. Импульсный источник работает на заданной частоте, а блок обработки сигналов производит оценку количества газа в соответствии с заданным пределом подачи сигнала тревоги в зависимости от типа газа и соображений безопасности. В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения датчик пригоден для проверки полученного количества газа путем увеличения частоты импульсного источника с заданным коэффициентом (например, в 30 раз), усреднения этих результатов за определенный период времени (например, 0,5 с). Усредненный результат (или его модифицированная версия, учитывающая предыдущие измерения) затем выступает в роли выходного сигнала датчика, позволяя исключить ложные сигналы тревоги.

Калибровка ячейки газового детектора может быть осуществлена путем включения и отключения катализатора, например путем регулирования температуры катализатора. Калибровка может быть осуществлена путем отключения нагревания нагретого катализатора на время, достаточное для охлаждения конвертера до температуры, при которой конверсия не происходит, например от 0,5 до 100 с, и измерения ответного сигнала, представляющего собой величину отклонения. Последующие измерения могут быть скорректированы на величину отклонения путем вычитания результатов измерений в отсутствие конверсии из результатов измерений при активном катализаторе.

Альтернативным способом калибровки может быть использование второго катализатора или конвертера, пригодного для удаления или адсорбции заданного газа из ячейки, при этом второй конвертер активируют на ограниченный период времени, например 5 с, и проводят калибровку отклонения на протяжении времени активации указанного второго катализатора.

Поскольку катализатор во время работы может нагреваться, в некоторых условиях, например, когда его используют во вредной и взрывоопасной среде, он должен быть помещен в оболочку, как показано на фиг. 8. Доступ к газу вовне газовой ячейки тогда происходит через фильтр, например, спеченный фильтр, благодаря которому этот датчик безопасно использовать во взрывоопасной среде. Однако спеченный фильтр подвержен засорению, из-за чего снижается чувствительность газовой ячейки или даже прекращается детектирование газа. Таким образом, в указанных случаях газовый детектор должен быть снабжен средством обнаружения засорения и подавать оператору сигнал и т.п., указывающий на возможный отказ системы.

Засорение может быть обнаружено при помощи средства, осуществляющего анализ функции преобразования или импульсной характеристики спеченного фильтра путем подачи возмущения в виде изменения давления или акустического сигнала внутрь корпуса и сравнения результирующих изменений давления в корпусе с исходными измерениями для чистого спеченного фильтра с открытыми отверстиями. В качестве альтернативы, это может быть осуществлено путем изменения температуры и анализа изменения температуры внутри корпуса. Если температура снаружи корпуса известна, также можно обнаружить засорение просто контролируя внутреннюю температуру и сравнивая ее с температурой снаружи, так как засорение вызывает снижение циркуляции и, таким образом, может привести к увеличению температуры внутри корпуса.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Блок газового детектора, включающий газовую ячейку, содержащую диффузионную мембрану, включающую по меньшей мере одно отверстие; наружный корпус, обеспечивающий проход для первого входящего газа снаружи наружного корпуса внутрь;

защитный фильтр, находящийся в связи по текучей среде с указанным проходом, при этом блок выполнен с возможностью обнаружения уменьшения циркуляции через защитный фильтр, по меньшей мере частично, на основе изменения функции преобразования давления защитного фильтра;

катализатор, расположенный вблизи указанного по меньшей мере одного отверстия диффузионной мембраны и предназначенный для преобразования первого входящего газа в заданный второй газ, при этом указанный блок выполнен с возможностью обнаружения заданного второго газа.

2. Блок газового детектора по п.1, выполненный с возможностью подачи сигнала, указывающего на отказ системы.

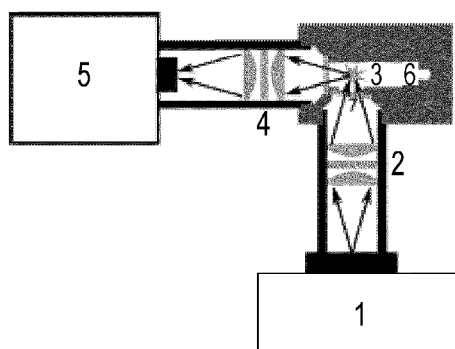
3. Блок газового детектора по п.1, в котором функция преобразования давления получена в ответ на изменения давления внутри корпуса.

4. Блок газового детектора по п.1, в котором фильтр представляет собой спеченный фильтр.

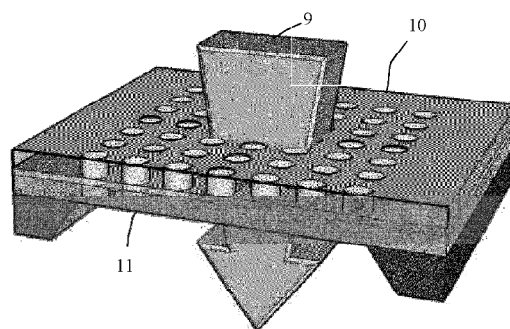
5. Блок газового детектора по п.1, в котором функция преобразования давления защитного фильтра основана, по меньшей мере частично, на заданном ступенчатом повышении давления, оказываемого на блок газового детектора.

6. Блок газового детектора по п.1, в котором обнаружение уменьшения циркуляции через защитный фильтр, по меньшей мере частично, основано на постоянной времени ячейки газового детектора.

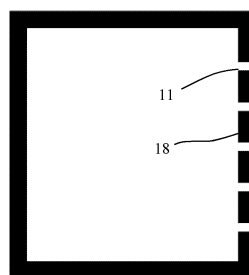
7. Блок газового детектора по п.1, в котором обнаружение уменьшения циркуляции через защитный фильтр, по меньшей мере частично, основанное на изменении функции преобразования давления, содержит замеры компонентов функции преобразования путем измерения частотной характеристики по меньшей мере на одной частоте.



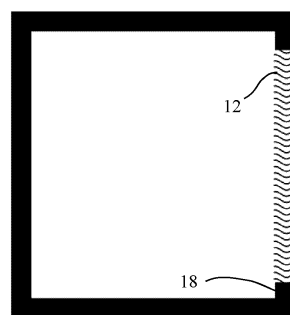
Фиг. 1



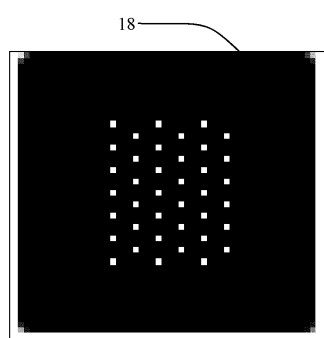
Фиг. 2



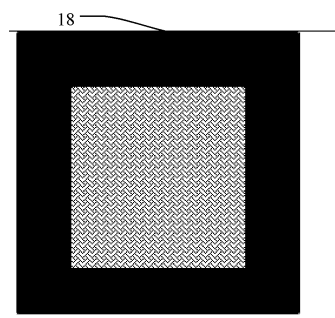
Фиг. 3а



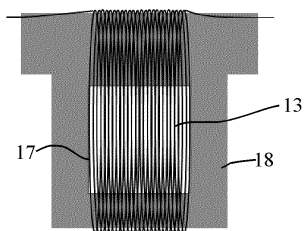
Фиг. 3б



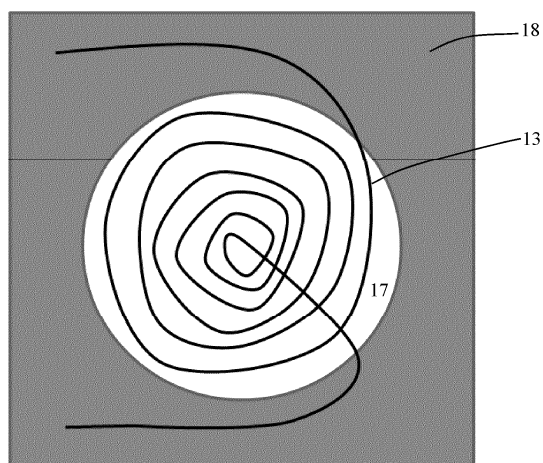
Фиг. 4а



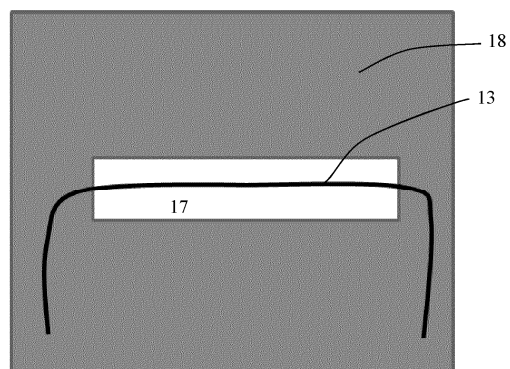
Фиг. 4б



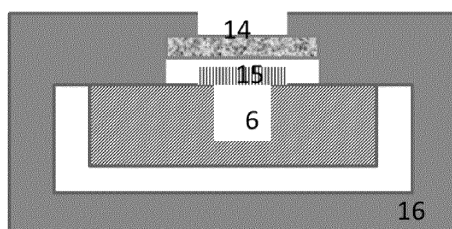
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

