



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011148028/28, 19.05.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.05.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
22.05.2009 US 61/180,492(45) Опубликовано: **20.08.2013** Бюл. № 23(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **WO 2004/031760 A1, 15.04.2004. US 7449146
B2, 11.11.2008. US 2004/0062682 A1, 01.04.2004.
WO 2005/111588 A1, 24.11.2005. WO
2008/033647 A1, 20.03.2008. RU 2315999 C2,
27.01.2008. WO 00/29830 A1, 25.05.2000. RU
2181487 C2, 20.04.2002.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **22.12.2011**(86) Заявка РСТ:
US 2010/035387 (19.05.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/135417 (25.11.2010)Адрес для переписки:
105215, Москва, а/я 26, Н.А. Рыбиной

(72) Автор(ы):

**РАКОВ Нил А. (US),
ВЕНДЛАНД Майкл С. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

**ЗМ ИННОВЕЙТИВ ПРОПЕРТИЗ
КОМПАНИ (US)****(54) МНОГОСЛОЙНЫЕ МАТРИЦЫ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

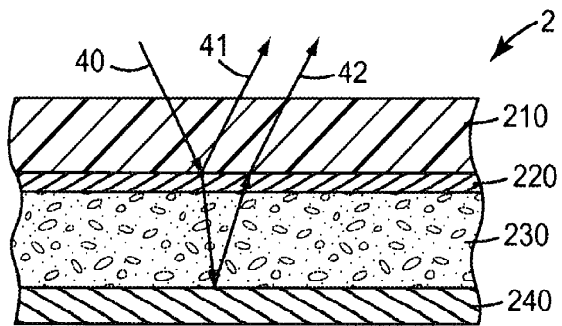
(57) Реферат:

Изобретение относится к анализу веществ и может быть использовано при мониторинге состояния окружающей среды. Такие устройства могут содержать матрицу, содержащую по меньшей мере два чувствительных элемента, отличающиеся своей реакцией на исследуемый аналит. Каждый из чувствительных элементов содержит по меньшей мере оптически реагирующий слой,

содержащий по меньшей мере высокочувствительный к аналиту подслой. По меньшей мере один чувствительный элемент матрицы дополнительно содержит минимально чувствительный к аналиту подслой, составляющий часть толщины оптически реагирующего слоя. Изобретение обеспечивает увеличение диапазона динамической чувствительности, надежности и точности. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 8 ил.

RU 2 4 9 0 6 1 5 C 2

RU 2 4 9 0 6 1 5 C 2



Фиг. 1

RU 2490615 C2

RU 2490615 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 21/25 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011148028/28, 19.05.2010**

(24) Effective date for property rights:
19.05.2010

Priority:

(30) Convention priority:
22.05.2009 US 61/180,492

(45) Date of publication: **20.08.2013 Bull. 23**

(85) Commencement of national phase: **22.12.2011**

(86) PCT application:
US 2010/035387 (19.05.2010)

(87) PCT publication:
WO 2010/135417 (25.11.2010)

Mail address:

105215, Moskva, a/ja 26, N.A. Rybinoj

(72) Inventor(s):

**RAKOW Neal A. (US),
WENDLAND Michael S. (US)**

(73) Proprietor(s):

3M INNOVEJTIV PROPERTIZ KOMPANI (US)

(54) **MULTILAYER ARRAYS OF COLOUR SENSORS**

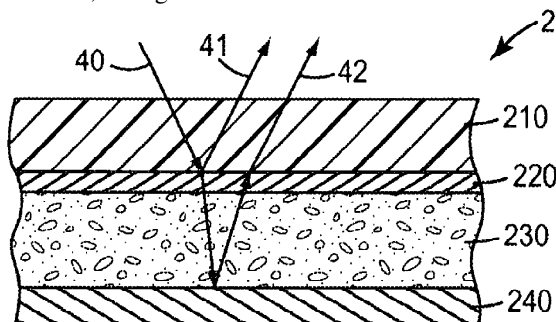
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: devices may contain an array having at least two sensitive elements having different reaction towards an analyte. Each of the sensitive elements has at least an optically reactive layer, having at least a sublayer highly sensitive to the analyte. At least one sensitive element of the array further contains a sublayer that is minimally sensitive to the analyte, said sublayer making up part of the thickness of the optically reactive layer.

EFFECT: wider range of dynamic sensitivity,

high reliability and accuracy.
15 cl, 8 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 9 0 6 1 5 C 2

RU 2 4 9 0 6 1 5 C 2

Уровень техники

Обнаружение определяемых при анализе веществ (аналитов), например, органических химических веществ, является важным компонентом во многих приложениях, например, при мониторинге состояния окружающей среды и ему
5 подобных. Обнаружение и/или мониторинг аналитов может проводиться, например, приборами индивидуального пользования (переносными или носимыми на теле или одежде), и/или зональными приборами (которые, например, могут быть установлены в исследуемом окружении).

Разработано множество способов обнаружения химических аналитов, включая оптические, гравиметрические, микроэлектромеханические и колориметрические
10 способы. И хотя в настоящее время разработаны колориметрические приборы для широкого спектра аналитов, большинство из них основано на использовании красителей или окрашенных химических веществ-индикаторов. Такие вещества, как
15 правило, являются высоко специфичными, что означает, что для обнаружения различных классов соединений необходимо иметь большой набор датчиков. Более того, большинство таких систем имеет ограниченный срок эксплуатации из-за эффекта фотоотбеливания или побочных химических реакций. Большинство таких систем
20 требует также использования сложного и громоздкого оптико-электронного оборудования для считывания оптических показаний таких датчиков.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагаются способы и устройства для обнаружения
25 присутствия определяемого вещества (аналита). Такие способы и устройства могут содержать матрицу, содержащую по меньшей мере два чувствительных элемента, по-разному реагирующих на присутствие исследуемого аналита. Каждый из упомянутых чувствительных элементов содержит по меньшей мере один оптически реагирующий
30 слой, содержащий по меньшей мере один высоко чувствительный к данному аналиту подслой. По меньшей мере один чувствительный элемент матрицы дополнительно содержит минимально чувствительный к данному аналиту подслой, составляющий часть толщины оптически реагирующего слоя.

В одном из воплощений изобретения предлагается матрица для оптического
35 обнаружения аналита, содержащая по меньшей мере два отдельно считываемых чувствительных элемента, причем каждый из упомянутых чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой, расположенный между двумя отражающими
40 слоями, причем оптически реагирующий слой каждого из чувствительных элементов содержит по меньшей мере высоко чувствительный к аналиту первый подслой, и причем оптически реагирующий слой по меньшей мере одного из чувствительных
45 элементов дополнительно содержит минимально чувствительный к аналиту второй подслой, причем первый подслой и второй подслой каждого из чувствительных элементов имеют толщину, и причем толщина первого подслоя и второго подслоя одного чувствительного элемента значительно отличаются от толщины
соответственно первого и второго подслоя другого чувствительного элемента.

Во втором воплощении изобретения предлагается оптический способ обнаружения
50 аналита в исследуемой атмосфере, содержащий этапы: обеспечения матрицы, содержащей по меньшей мере первый чувствительный элемент, изменяющий внешний вид от первого внешнего вида на второй внешний вид при первой, низкой концентрации аналита в исследуемой атмосфере, и изменяющий внешний вид от
второго внешнего вида обратно на первый внешний вид при второй, высокой концентрации аналита; и по меньшей мере второй чувствительный элемент, который

при первой, низкой концентрации аналита не меняет внешнего вида с первого внешнего вида на второй внешний вид, при третьей, промежуточной концентрации (большей первой концентрации и меньшей второй концентрации) меняет внешний вид с первого внешнего вида на второй внешний вид; а при второй, высокой концентрации не меняет внешнего вида со второго внешнего вида обратно на первый внешний вид; и воздействия на матрицу из чувствительных элементов атмосферы, потенциально содержащей данный аналит.

Данные, а также прочие воплощения изобретения будут более ясны из приведенного ниже подробного описания изобретения. Кроме того, приведенные выше краткие описания воплощений изобретения ни в коей мере не следует рассматривать как ограничения предмета изобретения, так как предмет изобретения определяется исключительно прилагаемой формулой изобретения, которая может быть скорректирована в процессе рассмотрения заявки.

Краткое описание чертежей

Фиг.1. Сечение фрагмента одного из возможных воплощений чувствительного элемента.

Фиг.2. Примерный вид спектра отражения чувствительного элемента в соответствии с воплощениями настоящего изобретения.

Фиг.3. Сечение фрагмента чувствительного элемента в соответствии с еще одним воплощением изобретения.

Фиг.4а, 4б и 4с. Сечение фрагмента чувствительного элемента в соответствии с различными воплощениями изобретения.

Фиг.5. Схематическое отображение реакции матрицы из двух чувствительных элементов на различные концентрации аналита в исследуемой атмосфере.

Фиг.6. Аксонометрический вид респиратора со сменными картриджами с сорбентом, содержащего матрицу из чувствительных элементов.

Фиг.7. Сечение сменного картриджа, используемого в респираторе, изображенном на фиг.6.

Фиг.8. График полученной на основании экспериментальных данных зависимости наблюдаемого оптического сдвига различных чувствительных элементов, находящихся под воздействием различных концентраций исследуемого аналита.

Аналогичные номера позиций на чертежах обозначают аналогичные элементы. Если явно не указано иное, все чертежи в настоящей заявке не обязательно выполнены в масштабе, и приводятся с целью иллюстрации различных воплощений изобретения. В частности, размеры различных компонентов на чертежах являются только лишь иллюстративными, и никаких выводов о пропорциях размеров различных компонентов из данных чертежей делать не следует. Несмотря на то, что в настоящей заявке могут использоваться такие термины, как «верх», «низ», «верхний», «нижний», «вверх», «вниз», «под», «над», «передний», «задний», «наружу», «вовнутрь», «первый» и «второй», следует понимать, что данные термины используются только в их относительном смысле, если явно не указано иное. В частности, такие характеристики, как «низкий», «средний» и «высокий», употребляемые в отношении определенных параметров (например, концентрации), следует понимать как относительные (сравнительные) в рамках данного контекста (так, например, «средней» считается концентрация между «низкой» и «высокой» в рамках одного и того же контекста).

Подробное описание изобретения

В соответствии с одним из воплощений изобретения предлагается матрица 1, содержащая по меньшей мере первый чувствительный элемент 2' и второй

чувствительный элемент 2" (смотри, например, фиг.5 и 6). Каждый из чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой 230, который будет подробно описан ниже. Слой 230 во втором чувствительном элементе 2" отличается от слоя 230 в первом чувствительном элементе 2' тем, что второй чувствительный элемент 2" иным образом реагирует по меньшей мере на некоторую концентрацию исследуемого аналита. (В контексте настоящей заявки описание данное, а также прочие упоминания концентрации относятся к концентрации аналита в атмосфере, воздействию которой подвержены чувствительные элементы.)

В частности, второй чувствительный элемент 2" оптически не реагирует (например, в виде сдвига спектра отражения по меньшей мере на 15 нм, или в форме визуально заметного изменения; оба данных типа реагирования будут подробно описаны ниже) на определенную, низкую концентрацию аналита, на которую оптически реагирует первый чувствительный элемент 2', и в то же время второй чувствительный элемент 2" оптически реагирует на иную, более высокую концентрацию аналита. За счет того, что первый чувствительный элемент 2' является чувствительным к низкой концентрации аналита, а второй чувствительный элемент 2" является чувствительным к высокой концентрации аналита, матрица, содержащая по меньшей мере два таких чувствительных элемента, может оптически реагировать на более широкий диапазон концентраций аналита, чем это может делать единичный чувствительный элемент. В некоторых воплощениях матрица 1 содержит множество чувствительных элементов (например, три, четыре, пять, шесть или более), которые могут обеспечивать реагирование матрицы на еще более широкий диапазон концентраций аналита. Использование матриц в соответствии с настоящим изобретением может также обеспечивать и прочие дополнительные преимущества, которые будут более подробно описаны ниже.

На фиг.1 изображен чувствительный элемент 2 (данного типа общее упоминание чувствительного элемента здесь и далее включает элементы 2', 2" и прочие им подобные, упоминаемые в настоящем описании), в соответствии с одним из воплощений настоящего изобретения. Чувствительный элемент 2 представляет собой многослойную структуру, содержащую по меньшей мере оптически реагирующий слой 230, расположенный между отражающим слоем 240 и полу-отражающим слоем 220, так что упомянутые слои в сочетании образуют так называемый интерференционный фильтр, характеризующийся спектром отражения, который может меняться в присутствии аналита. Чувствительный слой 2 имеет спектр отражения, примерный вид которого изображен на фиг.2. Данный спектр содержит один или более пиков (например, пики 181, 183 и 184) и впадин (например, 185), соответствующие различным длинам волны отраженного света и которые могут меняться в присутствии аналита. Так, например, присутствие достаточного количества аналита может вызывать сдвиг пиков и впадин спектра отражения, изображенного на фиг.2, в сторону большей длины волны. Спектр отражения чувствительного элемента 2 может быть определен визуально, то есть по его внешнему виду (например, по относительно преобладающему цвету или оттенку), который может меняться в присутствии достаточного количества аналита. То есть, при воздействии на него достаточной концентрации аналита внешний вид чувствительного элемента 2 может меняться от первого (исходного внешнего вида) ко второму внешнему виду, визуально отличимому от первого внешнего вида.

Чувствительный элемент 2 может быть оптически считан при воздействии на него лучей 40 падающего света (как показано на фиг.1) и наблюдении за светом,

отраженным от чувствительного элемента 2. Для обеспечения лучей 40 не требуется специального внешнего источника света (хотя при необходимости могут использоваться один или более специальных источников света). Лучи 40 света могут исходить из единственного дискретного источника света; или же в качестве источника лучей 40 света может использоваться внешнее освещение (которое в свою очередь может исходить от нескольких дискретных источников света, представлять собой сочетание света, исходящего непосредственно от источников света, и отраженного света, может быть солнечным светом и прочими видами освещения).

В воплощениях, содержащих конструкцию, изображенную на фиг.1, чувствительный элемент 2 содержит (по порядку): основу 210 (дополнительно возможную), полу-отражающий слой 220, оптически реагирующий слой 230 и отражающий слой 240. Лучи 40 света падают на основу 210 и проходят через нее. Некоторая часть лучей 40 света может отражаться от полу-отражающего слоя 220 и выходить из чувствительного элемента 2 в виде лучей 41 света. Еще одна часть лучей 40 света может проходить через полу-отражающий слой 220 и далее через оптически реагирующий слой 230 к отражающему слою 240. По меньшей мере часть данных лучей может отразиться от отражающего слоя 240 и выйдет из чувствительного элемента 2 в виде лучей 42 света. Лучи 41 и 42 могут взаимодействовать (интерферировать конструктивно и/или деструктивно), в совокупности формируя спектр отражения чувствительного элемента, который может меняться в присутствии аналита или при изменении концентрации аналита.

В конструкции, изображенной на фиг.1, аналит может проникать через отражающий слой 240 и попадать в оптически реагирующий слой 230. Это может приводить к изменению оптических свойств (например, оптической толщины по меньшей мере части слоя 230 (например, подслоя 230, как будет более подробно описано ниже), в результате чего спектральный состав света, отраженного от чувствительного элемента 2, может значительно меняться, что может позволить зафиксировать присутствие аналита и/или изменение его концентрации. В воплощениях, в которых используется конструкция, изображенная на фиг.1, отражающий слой 240 является проницаемым для аналита, и связан с оптически реагирующим слоем 230 по исследуемой среде. В конструкции, изображенной на фиг.1, полу-отражающий слой 220 может быть проницаемым или непроницаемым для аналита. В конструкции, изображенной на фиг.1, свет может беспрепятственно проходить через основу 210, то есть основа 210 может быть оптически прозрачной в соответствующем диапазоне длины волны.

Возможны и прочие варианты конструкции. Так, например, проницаемым для аналита может быть полупрозражающий слой 220, а не отражающий слой 240. Свойства оптически реагирующего слоя 230, основы 210 (если таковая имеется), полупрозражающего слоя 22 и/или отражающего слоя 240, как будет более подробно описано ниже, подразумеваются как таковые, что из них в целом может быть изготовлен отражающий чувствительный элемент (работающий по принципу интерференции света). Сведущим в данной области техники будет понятно, что хотя на чертежах в различных чувствительных элементах матрицы могут использоваться одни и те же номера позиций для обозначения вышеупомянутых слоев, слои, обозначенные такими номерами позиций, могут иметь одинаковые или различные конфигурации и/или состав.

Оптически реагирующий слой 230 определяется как слой, имеющий оптическую толщину (физическая толщина, умноженная на коэффициент преломления), по

меньшей мере часть которой может меняться в присутствии аналита, в результате чего спектр отражения, определяемый сочетанием оптически реагирующего слоя 230, отражающего слоя 240 и полупрозражающего слоя 220, может значительно сдвигаться (где под термином «значительно» понимается, что в обычных условиях эксплуатации чувствительного элемента 2 может быть зафиксировано изменение внешнего вида чувствительного элемента 2) при воздействии на чувствительный элемент 2 определенной концентрации аналита. В частности, оптически реагирующий слой 230, будучи расположен между подходящими отражающим слоем 240 и полу-отражающим слоем 220, может характеризоваться сдвигом спектра отражения по меньшей мере на 15 нм при воздействии на чувствительный элемент 2 атмосферы, содержащей 1000 ppm стирола как достаточно представительного типа исследуемого органического аналита. Здесь и далее все упоминания о сдвиге спектра относятся к результатам измерений в соответствии с процедурой измерений, описанной в разделе «Реакция образцов на тестовый аналит» ниже. Термин «оптически реагирующий», употребляемый в отношении слоя 230 дополнительно означает, что суммарная (физическая) толщина слоя 230, считая все его подслои в целом, по порядку величины равна длине волны видимого света или близка к ней (то есть составляет от примерно 100 нм до примерно 2000 нм). В различных воплощениях суммарная физическая толщина слоя 230 может составлять от примерно 200 нм до примерно 1500 нм, от примерно 400 нм до примерно 1000 нм, или от примерно 500 нм до примерно 800 нм (все вышеупомянутые значения толщины относятся к физической толщине, а не к оптической толщине, если явно не указано иное.)

Оптически реагирующий слой 230 может содержать по меньшей мере два подслоя 232 и 236, как показано на фиг.3. Подслой 232 является высокочувствительным к аналиту подслоем (в контексте настоящего описания), а подслой 236 является подслоем, минимально чувствительным к аналиту подслоем (также в контексте настоящего описания). В различных воплощениях толщина высокочувствительного к аналиту подслоя 232 может составлять от примерно 100 нм до примерно 800 нм. Толщина минимально чувствительного к аналиту подслоя 236 в различных воплощениях может составлять от примерно 700 нм до примерно 0 нм (последнее означает, что в одном или более чувствительных элементах 2 матрицы 1 может вообще отсутствовать минимально чувствительный к аналиту подслой 236). В различных воплощениях суммарная толщина подслоев 232 и 236 может составлять от примерно 200 нм до примерно 1500 нм. В некоторых воплощениях суммарная толщина подслоев 232 и 236 может составлять от примерно 400 нм до примерно 1000 нм, или от примерно 500 нм до примерно 800 нм.

Итак, матрица 1 в соответствии с настоящим изобретением содержит по меньшей мере два чувствительных элемента 2, по меньшей мере два из которых: 2' и 2'' - содержат подслои 232, значительно различающиеся по толщине, и/или подслои 236, значительно различающиеся по толщине. В контексте настоящего описания разность толщин высокочувствительных к аналиту подслоев 232 первого и второго чувствительных элементов считается значительной, если она составляет по меньшей мере 20 нм. Так, например, для двух чувствительных элементов, в одном из которых подслой 232 имеет толщину 600 нм, а в другом из которых подслой 232 имеет толщину 580 нм, разность толщин подслоев считается значительной. Подобным образом, разность между толщиной минимально чувствительных к аналиту подслоев 236 двух чувствительных элементов считается значительной, если она также превышает 20 нм. Так, например, для двух чувствительных элементов, в одном из

которых подслои 236 имеют толщину 130 нм, а в другом из которых подслои 236 имеют толщину 150 нм, разность толщин подслоев считается значительной. В различных воплощениях разность толщин соответствующих подслоев 236 двух чувствительных элементов 2 может составлять по меньшей мере примерно 50 нм, или по меньшей мере 100 нм.

На фиг.4 представлены поперечные сечения трех возможных типов чувствительных элементов 2', 2'' и 2''', сочетание из двух или более из которых может использоваться в матрице 1. Каждый из чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой 230 примерно одинаковой физической толщины (в контексте настоящего описания одинаковой считается толщина в пределах $\pm 15\%$), и примерно одинаковой оптической толщины в отсутствие аналита, так что каждый из данных элементов в отсутствие аналита имеет примерно одинаковый внешний вид. Оптически реагирующий слой 230 чувствительного элемента 2', изображенного на фиг.4а, содержит высоко чувствительный к аналиту подслой 232 и не содержит минимально чувствительного слоя 236. Оптически реагирующий слой воплощения чувствительного элемента 2'', изображенного на фиг.4б., содержит подслои 232 и 236 примерно одинаковой толщины. Оптически реагирующий слой воплощения чувствительного элемента 2''', изображенного на фиг.4с, содержит подслои 232 и 236, причем толщина подслоя 236 примерно вдвое больше толщины подслоя 232.

Подслой 232 является высокочувствительным по отношению к исследуемому аналиту, что достигается за счет выбора подходящих материалов, которые содержат подслой 232. В данном контексте «высоко чувствительный к аналиту» означает, что подслой 232 является достаточно проницаемым для аналита, и что присутствие аналита в слое 232 приводит к изменению оптической толщины подслоя 232, а следовательно, и оптической толщины всего слоя 230, достаточному для того, чтобы произошел заметный сдвиг спектра отражения чувствительного элемента 2. В частности, термин «высоко чувствительный к аналиту» означает, что подслой 232 изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полу-отражающим слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, имеет спектр отражения, который сдвинется по меньшей мере примерно на 15 нм под воздействием атмосферы, содержащей примерно 50 ppm стирола. (Как было указано выше, здесь, до этого и далее стирол упоминается как полезный представительный органический аналит, то есть как аналит, удобный для описания характеристик чувствительности материалов, используемых в настоящем изобретении. Упоминание в данном контексте стирола ни коим образом не следует рассматривать как ограничение настоящего изобретения приложениями, связанными с наблюдением за концентрацией стирола). В различных воплощениях высоко чувствительный к аналиту подслой 232 может быть изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полу-отражающим слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, имеет спектр отражения, который под воздействием атмосферы, содержащей примерно 50 ppm стирола, сдвинется по меньшей мере примерно на 25 нм, по меньшей мере примерно на 35 нм или по меньшей мере примерно на 45 нм.

Подслой 236 является минимально чувствительным к исследуемому аналиту, что достигается за счет выбора материалов, которые содержат подслой 236. В данном контексте «минимально чувствительный к аналиту» означает или что подслой 236 является достаточно непроницаемым по отношению к аналиту, и/или что присутствие аналита в слое 236 не приводит к изменению оптической толщины подслоя 236, которая проявилась бы в изменении оптических свойств слоя 230 в виде заметного

сдвига спектра отражения чувствительного элемента 2. В частности, термин «минимально чувствительный к аналиту» означает, что подслоя 236 изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полупрозрачным слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, имеет спектр отражения, который под воздействием атмосферы, содержащей примерно 20 ppm стирола, сдвинется не более чем примерно на 10 нм. В различных воплощениях минимально чувствительный к аналиту подслоя 236 изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полу-отражающим слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, имеет спектр отражения, который под воздействием атмосферы, содержащей примерно 20 ppm стирола, сдвинется не более чем примерно на 5 нм, не более чем примерно на 3 нм, не более чем примерно на 1 нм.

За счет использования в оптически реагирующем слое 230 подслоя 230, содержащего высоко чувствительный к аналиту материал, и подслоя 236, содержащего минимально чувствительный к аналиту материал, общей чувствительностью слоя 230 (а следовательно, и всего чувствительного элемента 2) к данному уровню концентрации аналита можно управлять, меняя вклад в слой 230 от каждого из подслоев. Так, например, чувствительный элемент, содержащий оптически реагирующий слой 230, содержащий минимально чувствительный к аналиту подслоя 236, может требовать присутствия аналита в более высокой концентрации, чтобы произошел сдвиг спектра отражения, сравнимый со сдвигом спектра отражения элемента, содержащего оптически реагирующий слой 230 примерно такой же толщины, но не содержащего подслоя 236.

Так, например, в одном из воплощений изобретения чувствительный элемент 2 может содержать оптически реагирующий слой 230, содержащий высоко чувствительный к аналиту подслоя 232 и минимально чувствительный к аналиту подслоя 236 в такой конфигурации, что (даже несмотря на то, что высоко чувствительный к аналиту подслоя 232 может быть изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полупрозрачным слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, имеет спектр отражения, сдвигающийся, например, на 100 нм под воздействием атмосферы, содержащей 200 ppm стирола) сдвиг спектра отражения чувствительного элемента 2 под воздействием атмосферы, содержащей 200 ppm стирола, составит не более чем примерно 40 нм. В различных воплощениях чувствительный элемент 2 может содержать высоко чувствительный к аналиту слой 232 и минимально чувствительный к аналиту подслоя 236 в такой конфигурации, что сдвиг спектра отражения чувствительного элемента 2 под воздействием атмосферы, содержащей 200 ppm стирола, составит не более чем примерно 30 нм, или не более чем примерно 20 нм.

Матрица, содержащая множество отдельных чувствительных элементов 2, каждый из которых характеризуется различной толщиной подслоя 232 и/или подслоя 236, может таким образом быть «динамически» чувствительной к широкому диапазону концентраций аналита, что дает преимущества, которые будут подробно описаны ниже.

Кроме того, путем выбора подходящей толщины минимально чувствительного к аналиту подслоя 236 в сочетании с подходящей толщиной высоко чувствительного к аналиту подслоя 232, что обеспечивает определенную суммарную толщину оптически реагирующего слоя 230, может быть получен исходный спектр отражения чувствительного элемента 2 (то есть его спектр отражения в отсутствие аналита или в присутствии аналита в необнаружимой концентрации), который может, например,

придавать чувствительному элементу 2 определенный внешний вид при визуальном осмотре (например, определенный цвет). За счет такой конфигурации может быть изготовлен чувствительный элемент 2, содержащий подслои 232 и 236 и имеющий такой же внешний вид, который имел бы чувствительный элемент 2, содержащий только высоко чувствительный к аналиту материал (и не содержащий подслоя 236), и в то же время чувствительный к другой (более высокой) концентрации аналита, чем чувствительный элемент 2, содержащий только высоко чувствительный к аналиту материал. Таким образом, в матрице, содержащей множество отдельных чувствительных элементов 2, некоторые или все из упомянутых чувствительных элементов могут иметь практически одинаковый внешний вид, и тем не менее быть чувствительными к различным уровням концентрации аналита, что может обеспечивать преимущества, которые будут обсуждаться ниже.

Итак, использование оптически реагирующего слоя 230, содержащего подслои 232 и 236, позволяет получить чувствительный элемент 2, чувствительный к требуемому диапазону концентраций аналита, а также имеющий требуемый цвет или другой внешний признак.

Такое сочетание высоко чувствительного к аналиту подслоя 232 и минимально чувствительного к аналиту подслоя 236 может обеспечивать преимущества, важные по меньшей мере для некоторых приложений. В частности, сведущим в данной области техники известно, что отражательные датчики общего типа, используемые в настоящее время, могут быть подвержены явлению, именуемому «циклический переход». Циклический переход означает, что под воздействием достаточно высокой концентрации аналита спектр отражения датчика может меняться настолько, что датчик примет внешний вид, близкий к его исходному внешнему виду, который он имел в отсутствие аналита. (При воздействии еще более высоких концентраций аналита возможны и дальнейшие превращения внешнего вида датчика). К своему удивлению изобретатели обнаружили, что использование оптически реагирующего слоя 230, содержащего высоко чувствительный к аналиту подслою 232 в сочетании с минимально чувствительным к аналиту подслоем 236 позволяет получить чувствительный элемент 2, менее подверженный эффекту циклического перехода. В различных воплощениях свойства и толщина подслоев 232 и 236 могут быть подобраны таким образом, что чувствительный элемент 2 может не быть подверженным эффекту циклического перехода даже при чрезвычайно высоких концентрациях аналита. Так, например, различные воплощения чувствительного элемента 2 могут не иметь эффекта циклического перехода даже при концентрациях органического аналита, например, стирола, вплоть до 200, 400 или даже 1000 ppm.

В различных воплощениях изобретения такая способность не испытывать циклического перехода может быть обеспечена для чувствительных элементов, характеризующихся сдвигом спектра отражения, составляющим менее чем примерно 100 нм, менее чем примерно 80 нм или менее чем примерно 60 нм под воздействием атмосферы, содержащей 200 ppm органического аналита, например, стирола. В некоторых воплощениях изобретения такая способность не испытывать циклического перехода может быть обеспечена для чувствительных элементов, характеризующихся сдвигом спектра отражения, составляющим менее чем примерно 100 нм, менее чем примерно 80 нм или менее чем примерно 60 нм под воздействием атмосферы, содержащей 400 ppm органического аналита, например, стирола. В некоторых воплощениях изобретения такая способность не испытывать циклического перехода может быть обеспечена для чувствительных элементов,

характеризующихся сдвигом спектра отражения, составляющим менее чем примерно 100 нм, менее чем примерно 80 нм или менее чем примерно 60 нм под воздействием атмосферы, содержащей 1000 ppm органического аналита, например, стирола. Таким образом может быть изготовлена матрица, в которой один или более чувствительных элементов 2 не будут подвержены эффекту циклического перехода даже в присутствии максимальных ожидаемых концентраций органического аналита. Такие устройства могут обеспечивать преимущества, которые будут описаны ниже.

Высокочувствительный к аналиту подслоу 232 может содержать любой материал, обладающий достаточно высокой чувствительностью к аналиту, по сравнению с минимально чувствительным к аналиту подслоем 236, в сочетании с которым он используется. Как было указано выше, подслоу 232 является достаточно проницаемым по отношению к исследуемому аналиту и имеет оптическую толщину, которая под воздействием требуемой концентрации аналита может меняться в достаточной степени для функционирования чувствительного элемента 2 в смысле, описанном выше. И хотя теоретически это не обязательно, оптическая толщина подслоу 232 может меняться при его реакции на аналит, проникающий, например, за счет заполнения пор в материале, по меньшей мере частью которого является подслоу 232, что может приводить к увеличению оптической толщины по меньшей мере за счет увеличения коэффициента преломления. Оптическая толщина подслоу 232 может также меняться при проникновении аналита в подслоу и его набухании, то есть в данном случае оптическая толщина может увеличиваться по меньшей мере за счет увеличения физической толщины слоя. В некоторых материалах реакция на аналит может быть смешанной, то есть представлять собой сочетание упомянутых выше способов реакции на аналит. В некоторых материалах при некоторых концентрациях аналита может преобладать один из упомянутых выше типов реакции, а при других концентрациях - второй из упомянутых типов реакции; и так далее.

В некоторых воплощениях подслоу 232 содержит пористый материал. В данном контексте «пористый» означает, что материал содержит внутренние поры, которые по меньшей мере частично сообщаются между собой. Могут быть, например, выбраны материалы со средним размером пор (определяемым, например, методом изотермической сорбции) менее чем примерно 100 нм. В некоторых воплощениях могут быть, например, выбраны материалы со средним размером пор менее чем примерно 20 нм, менее чем примерно 10 нм или менее чем примерно 2 нм. Подслоу 232 может быть гомогенным или гетерогенным и может быть, например, изготовлен из одного или более неорганических компонентов, одного или более органических компонентов, или из смеси органических и неорганических компонентов. Типичные неорганические материалы, которые могут быть использованы для изготовления подслоу 232, включают оксиды металлов, нитриды металлов, оксинитриды металлов и прочие неорганические материалы, из которых могут быть сформированы прозрачные (и при необходимости пористые слои) подходящей толщины, имеющие подходящую оптическую чувствительность.

Особенно подходящим неорганическим материалом, чувствительным к аналиту, может быть пористый кремнезем. Пористые кремнеземы могут быть, например, изготовлены путем обработки золево-гельных смесей с преобразованием их в силикат, содержащий сеть из пор в толще кремнезема. Для получения неорганических пористых материалов, чувствительных к аналиту, может также использоваться плазменно-химическое осаждение паров. Данный способ в целом основан на формировании плазмы из газообразных предшественников, нанесении слоя плазмы на

основу с образованием аморфного слоя с неупорядоченной сетью ковалентных связей и последующем нагревании аморфного слоя с неупорядоченной сетью ковалентных связей с образованием пористого аморфного слоя с неупорядоченной сетью ковалентных связей. Такие способы и материалы более подробно описаны в патентной заявке США 2008/078281 («Датчики для обнаружения органических химических веществ, содержащие микропористый слой, полученный способом плазменного осаждения, способы их изготовления и использования»), упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

В некоторых воплощениях оптически реагирующий слой 230 содержит, по меньшей мере частично, кремний-органические материалы, под которым в контексте настоящей заявки понимаются гибридные соединения, содержащие ковалентно связанную трехмерную сетку из атомов кислорода и кремния (-Si-O-Si-) и некоторое количество органических функциональных групп R (где R обозначает углеводородную группу, возможно, содержащую гетероатомы), связанных с кремний-кислородной сеткой по меньшей мере одной связью Si-C. Такие материалы и способы их изготовления более подробно описаны в предварительной патентной заявке США 61/140131 («Аморфные микропористые кремний-органические соединения»).

В некоторых воплощениях высоко чувствительный к аналиту подслой 232 по меньшей мере частично изготовлен из компонентов, выбранных из семейства материалов, содержащих так называемые «полимеры с присущей микропористостью» (PIM). Описание и характеристики полимеров данного семейства приводятся, например, в публикациях "Polymers of Intrinsic Microporosity (PIMs): Robust, Solution-Processable, Organic Microporous Materials," Budd et al., Chem. Commun., 2004, pp.230-231; "Polymers of Intrinsic Microporosity (PIMs)," McKeown et al., Chem. Eur. J., 2005, 11, No.9, 2610-2620; в опубликованной патентной заявке США 2006/0246273 (McKeown с соавторами); а также в международной патентной публикации WO 2005/012397A2 (McKeown с соавторами); все упомянутые выше публикации упоминаются в настоящей заявке для ссылки.

Полимеры с присущей микропористостью могут быть получены из любых сочетаний мономеров, которые приводят к образованию очень жесткого полимера, в котором имеются достаточные структурные черты, придающему ему сильно закрученную структуру. В некоторых воплощениях полимеры с присущей микропористостью могут содержать органические макромолекулы, содержащие в целом плоские группы, связанные жесткими связующими группами, содержащими точку скручивания, в результате чего две смежные группы, связанные такой связующей группой, не будут находиться в одной плоскости. В некоторых воплощениях такие материалы могут содержать органические макромолекулы, содержащие первые в целом плоские группы, связанные жесткими связующими группами максимум с двумя другими упомянутыми первыми группами, причем упомянутые связующие группы имеют точку скручивания, в результате чего две смежные первые плоские группы не будут находиться в одной плоскости. В некоторых воплощениях такая точка скручивания может содержать вращающую группу, кольцо с мостиком или стерически стесненную одиночную ковалентную связь, вращение вокруг которой ограничено.

Полимерные цепи такого полимера, имеющего жесткую и скрученную структуру, не могут упаковаться друг с другом достаточно плотно, в результате чего и возникает присущая такому полимеру микропористость. Преимуществом полимеров с присущей микропористостью является то, что их микропористость не зависит существенно от

тепловой предыстории материала. Прочими преимуществами полимеров с присущей микропористостью могут быть, например, воспроизводимость в больших количествах и отсутствие свойств, меняющихся со временем (например, в течение времени выдержки или в течение срока хранения изделия), и прочие.

5 В некоторых воплощениях оптически реагирующий слой 230 содержит, по меньшей мере частично, пористый полимерный материал с большим количеством поперечных связей. Примерами таких материалов являются стирольные смолы со сверхвысоким количеством поперечных связей типа «стиросорб» (описаны, например, в
10 публикациях V.A. Davankov and P. Tsyurupa, Pure and Appl. Chem., vol. 61, pp.1881-89 (1989); L.D. Belyakova, T.I. Schevchenko, V.A. Davankov and M.P. Tsyurupa, Adv. in Colloid and Interface Sci. vol.25, pp.249-66, (1986)), включая материалы производства Purolite (Бала-Цинвид, штат Пенсильвания, США), предлагаемые под торговым наименованием Styrosorb.

15 Во многих приложениях может быть предпочтительно, чтобы подслой 232 был гидрофобным. Это может, например, уменьшать вероятность влияния воды (в жидком состоянии) или водяного пара на чувствительность подслоя 232 и его способность обнаруживать аналит, например, обнаруживать пары органических растворителей. В
20 некоторых воплощениях высоко чувствительный к аналиту подслой 232 изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полупрозражающим слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, будет иметь спектр отражения, который будет сдвигаться не более чем примерно на 15 нм под воздействием атмосферы, относительная влажность которой составляет 90%.

25 Дополнительные свойства и характеристики подходящих материалов для изготовления высоко чувствительного к аналиту подслоя 232, а также способы изготовления подслоя 232 из таких материалов подробно описаны, например, в патентной заявке США 2008/0063874, упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

30 Минимально чувствительный к аналиту подслой 236 может содержать любой материал, который, во-первых, имеет достаточно низкую (включая нулевую и/или неизмеримо малую) оптическую чувствительность к аналиту (а также к любым другим веществам, которые могут препятствовать обнаружению исследуемого аналита), по сравнению с высоко чувствительным к аналиту подслоем 232, в сочетании с которым
35 он используется; во-вторых, совместим со способами обработки, применяемыми для изготовления подслоя 232 (которые будут более подробно описаны ниже); и в-третьих, оптически совместим с высоко чувствительным к аналиту подслоем 232. Под «оптически совместимым» понимается, что подслой 236 содержит материал или
40 материалы, в достаточной степени оптически прозрачные, и имеющие показатели преломления, достаточно близкие к показателю преломления подслоя 232, в результате чего обеспечивается функционирование чувствительного элемента 2. То есть, разность между показателями преломления подслоев 232 и, 236 не должна быть настолько большой, чтобы свет, отраженный от границы раздела между
45 подслоями 232 и 236, оказывал существенное негативное влияние на функционирование чувствительного элемента 2 (например, за счет того, что будет существенно уменьшаться количество света, который должен пройти через 236 и попасть в высоко чувствительный к аналиту подслой 232). Кроме того, термин
50 «оптически совместимый» в отношении подслоя 232 дополнительно означает, что подслой 236 не содержит каких-либо границ раздела, частиц, наполнителей, полостей и прочего, что могло бы отражать, поглощать и/или рассеивать свет в степени, неприемлемо искажающей спектр отражения чувствительного элемента 2.

Подслой 236 может быть минимально чувствительным к аналиту за счет того, что он является относительно непроницаемым для исследуемого аналита, то есть за счет того, что в подслое 236 не может проникнуть достаточное количество аналита для возникновения в подслое реакции на него. В некоторых воплощениях подслоем 236 может содержать материалы, обладающие усиленными барьерными свойствами. (В таком случае подслоем 236 предпочтительно должен быть расположен на стороне высоко чувствительного к аналиту подслоя 232, противоположной по отношению к стороне, через которую аналит проникает в чувствительный элемент 2, то есть чтобы аналит мог проникнуть внутрь подслоя 232). Подслоем 236 может по меньшей мере частично содержать полукристаллический полимерный материал (например, имеющий высокую температуру плавления T_m), и/или стекловидный материал (например, имеющий высокую температуру остекления T_g), неорганический материал с сетчатой структурой (не имеющий сообщающихся друг с другом пор) и им подобные материалы. В некоторых воплощениях подслоем 236 может быть по меньшей мере в некоторой степени проницаемым для аналита, но может при этом обладать такими свойствами, что присутствие аналита (по меньшей мере в концентрации, меньшей некоторого уровня) внутри подслоя 236 не вызовет оптической реакции со стороны данного подслоя (то есть не вызовет изменения оптической толщины подслоя 236). Например, для изготовления подслоя 236 могут быть выбраны материалы, имеющие достаточное количество поперечных связей, то есть мало склонные к набуханию в присутствии тех или иных материалов (например, воды, органических растворителей и прочих материалов).

В некоторых воплощениях подслоем 236 содержит непористый материал. В других воплощениях подслоем 236 содержит материал, который является пористым, но в котором пористость не препятствует тому, чтобы материал оставался минимально чувствительным к аналиту. Так, например, такой материал может иметь очень низкий уровень пористости и/или может содержать поры, не сообщающиеся друг с другом (в результате чего способность аналита проникать в данный материал является низкой), или он может содержать поры настолько большие, что исследуемый аналит не будет конденсироваться в порах, пока его концентрация не превысит некоторой заданной концентрации.

В некоторых воплощениях подслоем 236 содержит гидрофобный материал или материалы (что может уменьшать вероятность негативного влияния воды на обнаружение определенных аналитов). В некоторых воплощениях минимально чувствительный к аналиту подслоем 236 изготовлен из материала, который, будучи помещен между подходящим отражающим слоем и полу-отражающим слоем в виде слоя толщиной 400-800 нм, будет иметь спектр отражения, который будет сдвигаться не более чем примерно на 15 нм под воздействием атмосферы, относительная влажность которой составляет 90%. В частности, в воплощениях, в которых высоко чувствительный к аналиту подслоем 232 наносится на минимально чувствительный к аналиту подслоем 236 из раствора (данный способ будет подробно описан ниже), может быть предпочтительно, чтобы материал подслоя 236 был устойчив против растворения, разложения или иного вида разрушения под действием растворителя, используемого для нанесения подслоя 232. В случае, если подслоем 232 содержит вышеупомянутый полимер с присущей микропористостью, может быть предпочтительно, чтобы материал подслоя 236 был устойчив против растворителей, традиционно используемых для растворения полимеров с присущей микропористостью (таких, как, например, хлоробензол, хлороформ, тетрагидропиран,

тетрагидрофуран и/или их смеси).

В некоторых воплощениях подслоя 236 содержит органический полимерный материал без поперечных связей. В таком случае используемый полимерный материал может быть выбран из числа устойчивых к поглощению исследуемого аналита (аналитов), и/или набуханию в результате поглощения исследуемого аналита (аналитов), например, органических паров. Примеры подходящих материалов включают поли(метакрилонитрил), его сополимеры и смеси. Примеры чувствительных элементов, в которых используются такие материалы, приводятся ниже в примерах 1-5. Прочие подходящие полимерные материалы (например, благодаря высоким значениям T_m и/или T_g и относительно большой гидрофобности) могут включать поли(цианометил акрилат), поли(3,5-диметиладамантил кротонат), поли(1-адамантил акрилат), поли(адамантил кротонат), поли(пентабромобензил акрилат), поли(пентахлорофенил акрилат), поли(адамантил метакрилат), поли(4-цианофенил метакрилат), поли(3,5-диадамантил метакрилат), поли(3-тетрациклододецил метакрилат), поли(2,6-ксиленил метакрилат), поли(метил β -хлороакрилат), поли[4-(4-бифенилил)стирол], поли[3-(4-бифенилил)стирол], поли(2-карбоксистирил), поли(2,4-диизопропилстирол), поли(2,5-диизопропилстирол), поли[4-(1-гидрокси-1-метилэтил)стирол], поли[4-(1-гидрокси-1-метилпропил)стирол], поли(2-гидроксиметилстирол), поли(4-гидроксиметилстирол), поли(4-иодостирил), поли(α -метилстирол), поли(перфторостирил) и поли(4-фенилстирол).

В некоторых воплощениях подслоя 236 содержит органический полимерный материал с поперечными связями. Наличие поперечных связей может обеспечивать повышенную устойчивость материала к поглощению исследуемого аналита (аналитов), и/или набуханию в результате поглощения исследуемого аналита (аналитов). Таким образом, для изготовления подслоя 236 может использоваться целый ряд материалов. Так, например, подслоя 236 может содержать материал на основе полистирола с поперечными связями. Пример чувствительного элемента, в котором используется такой материал, приводится в Примере 7. Кроме того, может использоваться и любой другой подходящий полимерный материал, любого требуемого состава или любой требуемой структуры, возможно, содержащий также добавки, из известных сведущим в данной области техники.

В некоторых воплощениях подслоя 236 содержит органическую полимерную сетку с поперечными связями, полученную в результате полимеризации и/или реакции между многофункциональными мономерами, хорошо известными примерами которых являются акрилатные и метакрилатные мономеры. Смеси таких мономеров наносится в виде слоя (в виде жидкостей или способом осаждения паров, как описано, например, в патенте США 5877895), после чего компоненты таких смесей могут вступать в реакцию между собой (например, отвердевать под действием облучения), в результате чего из них может образовываться слой с поперечными связями. Подходящие мономеры, олигомеры и прочие компоненты, которые могут использоваться для данной цели, описаны, например, в патенте США 7449146, упоминаемом в настоящей заявке для ссылки. Как было указано выше, такие слои должны готовиться в условиях, обеспечивающих выход продукта, обладающего свойствами, которые (например, высокое содержание поперечных связей) делают его подходящим для использования в качестве подслоя 236. В подслое 236 могут использоваться и прочие полимерные материалы с покрытиями, полученными осаждением паров, включая, например, хорошо известные покрытия, предлагаемые многими производителями под торговым названием Parylene. Независимо от того,

содержит ли он поперечные связи или не содержит, может быть предпочтительно, чтобы подслоя 236 был гидрофобным, как упоминалось выше.

Подслоя 236 может также содержать неорганический материал, например, материал, не обладающий пористостью. Как обсуждалось выше, коэффициент преломления неорганического материала должен быть достаточно близким к коэффициенту преломления подслоя 232, чтобы чувствительный элемент 2 мог функционировать должным образом. Так, например, подслоя 236 может содержать оксид кремния (например, нанесенный осаждением из паров). Такой неорганический материал может составлять всю толщину подслоя 236. В иных воплощениях подслоя 236 может содержать барьерный подслоя органического материала, расположенный в непосредственной близости к подслою 232, и фоновой подслоя (например, из органического полимерного материала), расположенный за неорганическим барьерным подслоем и предназначенный для обеспечения требуемой суммарной толщины подслоя 236. (Чувствительный элемент, в котором используется такой подход, описан в Примере 6.) Если неорганический материал является достаточно непроницаемым по отношению к аналиту, то фоновой слой может содержать любой подходящий материал (не обязательно непроницаемый по отношению к аналиту), так как при такой конструкции он служит просто заполнителем объема, и поэтому его барьерные свойства и/или чувствительность к аналиту могут не иметь значения.

В различных воплощениях подслоя 236 может содержать сочетания (например, в виде смесей, композитов и прочие) вышеупомянутых материалов, и/или множество слоев таких материалов.

Чувствительный элемент 2 может содержать отражающий слой 240. В некоторых воплощениях отражающий слой 240 может быть нанесен (например, любым известными способами) на поверхность ранее сформированного оптически реагирующего слоя 230; или же отражающий слой 240 может быть нанесен на основу 210, после чего на него может быть нанесен прочий слой (или прочие слои) чувствительного элемента 2.

Отражающий слой 240 может содержать любой подходящий материал, который может обеспечивать достаточную отражающую способность. Подходящие материалы для изготовления отражающего слоя могут включать металлы или полуметаллы, такие как алюминий, хром, золото, никель, кремний, титан, платину, палладий и серебро. Прочие подходящие материалы, которые могут быть включены в отражающий слой, могут включать оксиды металлов. В некоторых воплощениях отражающий слой может иметь отражающую способность, составляющую по меньшей мере 90% (то есть пропускать не более 10% света), а в отдельных воплощениях - по меньшей мере 99% (то есть пропускать не более 1% света) на длине волны примерно 500 нм.

В некоторых воплощениях (например, в которых используется конструкция, изображенная на фиг.2) может быть предпочтительным, чтобы отражающий слой 240 был проницаемым по отношению к исследуемому аналиту. Это может быть обеспечено, например, путем формирования отражающего слоя 240 из наночастиц, уложенных в виде структуры, напоминающей россыпь бисерных шариков, через которые может проникать аналит и попадать в оптически реагирующий слой 230. Отражающий слой 240 может быть сформирован в виде покрытия, наносимого в форме раствора или суспензии металлических наночастиц на оптически реагирующий слой 230 с последующим высыханием раствора или суспензии, в результате чего

образуется проницаемый отражающий слой 240. Металлические наночастицы могут переноситься различными носителями, включая воду и органические растворители (например, метанол, гептан, декан и прочие). Носителем металлических наночастиц может быть также полимеризуемое мономерное связующее, однако в таких случаях предпочтительно, чтобы такое связующее удалялось из нанесенного покрытия, например, способом экстракции растворителем или спеканием), чтобы мог быть получен проницаемый слой из наночастиц.

Дополнительные свойства и характеристики подходящих материалов, проницаемых для аналита, и которые могут быть использованы для изготовления отражающего слоя 240, в частности, материалов из наночастиц металлов, описаны, например, в опубликованной патентной заявке США 2008/0063874, упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

Чувствительный элемент 2 может содержать полу-отражающий слой 220. В различных воплощениях полу-отражающий слой 220 может быть нанесен (например, любыми известными способами) на поверхность ранее сформированного оптически реагирующего слоя 230; или же полу-отражающий слой 220 может быть нанесен на основу 210, после чего на него может быть нанесен прочий слой (или прочие слои) чувствительного элемента 2.

Полу-отражающий слой 220 может иметь отражающую способность, близкую к отражающей способности отражающего слоя 240 или меньшую отражающей способности отражающего слоя 240. Полу-отражающий слой 220 может содержать любой подходящий материал, обеспечивающие требуемую полу-отражательную способность (например, при заданной толщине слоя материала). Подходящие материалы для изготовления полу-отражающего слоя могут включать металлы или полуметаллы, такие как алюминий, хром, золото, никель, кремний, титан, платину, палладий и серебро. Прочие подходящие материалы могут включать оксиды металлов.

В различных воплощениях полу-отражающий слой 220 может иметь отражающую способность от примерно 30% до примерно 70%, или от примерно 40% до примерно 60% на длине волны около 500 нм. В некоторых воплощениях может быть предпочтительно, чтобы полу-отражающий слой 220 был проницаемым для исследуемого аналита. В таких случаях может быть предпочтительно, чтобы полу-отражающий слой 220 имел подходящую толщину, с одной стороны, обеспечивающую достаточную отражательную способность, а с другой стороны, позволяющую исследуемому аналиту проникать через 220 к оптически реагирующему слою 230. В некоторых случаях может требоваться толщина слоя 220 в диапазоне 5-10 нм (например, если полу-отражающий слой 220 наносится способом осаждения паров с образованием металлического покрытия). Конкретная требуемая толщина полупрозрачного слоя 220 будет зависеть от материала, используемого для формирования данного слоя, и она может быть выполнена различной исходя из потребностей приложения.

Дополнительные свойства и характеристики подходящих материалов, которые могут быть использованы для изготовления отражающих и полу-отражающих слоев, а также способы их изготовления, описаны, например, в опубликованной патентной заявке США 2008/0063874, упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

Основа 210, если имеется, может содержать любой подходящий материал (например, стекло, пластмассу и прочие), который может обеспечить опорную поверхность для чувствительного элемента. В воплощениях, в которых для считывания оптических показаний с чувствительного элемента 2 требуется

прохождение через него света, основа 210 должна быть оптически прозрачной (то есть, должна обладать достаточной прозрачностью на требуемой длине волны), и не должна обладать прочими свойствами (например, флуоресценцией), которые бы оказывали недопустимое влияние на оптический сигнал. Подходящие материалы для основы 210 могут, например, включать, широко известные полимеры семейства полиэфиров (например, полиэтилентерефталат и полиэтиленнафталат).

Перед их использованием чувствительные элементы в соответствии с настоящим изобретением могут храниться (например, в упаковке), в атмосфере, в сущности не содержащей исследуемого аналита. В такой атмосфере, и/или до воздействия на него аналита в концентрации, достаточной для возникновения в чувствительном элементе реакции, чувствительный элемент может иметь первый внешний вид (например, цвет). После воздействия на него атмосферы, содержащей достаточно высокую концентрацию исследуемого аналита, спектр отражения чувствительного элемента может измениться (например, сдвинуться на несколько нанометров, как правило, в сторону большей длины волны), в результате чего чувствительный элемент претерпит визуально заметное изменение внешнего вида, с первого внешнего вида на второй внешний вид, отличный от первого внешнего вида.

Оптическая реакция чувствительного элемента, как правило, заметна в диапазоне видимого света и может быть зафиксирована человеческим глазом в виде изменения внешнего вида. Такое изменение внешнего вида может, например, содержать, изменение с первого цвета на второй цвет, изменение видимой яркости чувствительного элемента (например, практически при отсутствии изменения цвета), изменение от практически бесцветного внешнего вида к более окрашенному внешнему виду, изменение от в целом однородного внешнего вида к более неоднородному внешнему виду (например, к разноцветному), и прочие изменения. В некоторых воплощениях может быть предпочтительно, чтобы матрица 1 содержала чувствительные элементы 2, все имеющие практически одинаковый первый внешний вид и второй внешний вид, в то время как в иных воплощениях может быть желательным, чтобы некоторые чувствительные элементы матрицы 1 имели первый или второй внешний вид, отличный от соответствующего внешнего вида других чувствительных элементов матрицы 1. В некоторых воплощениях оптическое считывание показаний матрицы может проводиться путем визуального ее осмотра (например, человеком), в то время как в иных воплощениях могут использоваться иные способы оптического считывания, например, с помощью внешних считывающих устройств, таких, как спектрофотометр, фотодетектор, полупроводниковая светочувствительная матрица, фотодиод, цифровой фотоаппарат и прочие. Использование таких электронно-оптических способов считывания показаний чувствительного элемента 2 обсуждается в патентной заявке США 61/164496, упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

Дополнительные свойства и элементы конструкции некоторых возможных типов чувствительных элементов 2 обсуждаются в предварительной патентной заявке США «Многослойные колориметрические датчики», поданной в один день с настоящей заявкой и упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

Матрица, содержащая множество чувствительных элементов в соответствии с настоящим изобретением, может использоваться для обнаружения или наблюдения за одним или более исследуемыми аналитами в более широком диапазоне их концентраций, чем это возможно с использованием единственного чувствительного элемента. Аналит может содержать газ или пар, присутствующий в окружающей

среде (как правило, в воздушной среде), за содержанием которого в данной среде требуется наблюдать. В некоторых воплощениях аналитом является органический пар (например, летучее органическое соединение). В некоторых воплощениях аналитом является органическое соединение, имеющее высокую температуру кипения (в контексте настоящей заявки под таковым понимается органическое соединение, имеющее температуру кипения 100°C или выше. Типичные аналиты могут включать замещенные или незамещенные углеводородные соединения, включающие алканы, циклоалканы, ароматические соединения, спирты, альдегиды, эфиры, кетоны, галогенуглеродные соединения, амины, органические кислоты, цианаты, тиолы, нитраты и нитрилы, например, п-октан, циклогексан, метил-этил-кетон, ацетон, этилацетат, дисульфид углерода, тетрахлорид углерода, бензол, толуол, стирол, ксилол и его производные, хлороформ, тетрагидрофуран, метанол, этанол, изопропиловый спирт, n-бутиловый спирт, t-бутиловый спирт, 2-этоксиэтанол, уксусную кислоту, 2-аминопиридин, этиленгликоль-монометиловый спирт, толуол-2,4-дизоцианат, нитрометан, ацетонитрил и им подобные. (Из них стирол может служить представительным органическим аналитом, полезным для охарактеризования реакции чувствительного элемента 2, оптически реагирующего слоя 230, высоко чувствительного к аналиту подслоя 232 и/или минимально чувствительного к аналиту подслоя 236, как будет подробно обсуждаться ниже. В качестве представительных могут также использоваться и другие аналиты).

В некоторых приложениях матрица 1 может использоваться для обнаружения воды (например, использоваться как датчик влажности). В иных воплощениях некоторые или все чувствительные элементы 2 матрицы 1 могут иметь такую конструкцию (например, за счет выбора гидрофобных материалов для изготовления подслоя 232 и/или 236), что они будут минимально чувствительными к присутствию воды.

Как упоминалось выше, матрица в соответствии с настоящим изобретением может обеспечивать динамическую реакцию на широкий диапазон концентраций исследуемого аналита (в атмосфере, за которой проводится наблюдение). То есть, в матрице может быть выполнено несколько чувствительных элементов, каждый из которых оптически реагирует на различные диапазоны концентраций исследуемого аналита. (Диапазоны динамического реагирования отдельных чувствительных элементов могут по меньшей мере частично перекрываться, как будет обсуждаться ниже.). Так, например, первый оптический элемент может оптически реагировать на концентрацию 20 ppm исследуемого аналита, второй чувствительный элемент может оптически реагировать на концентрацию 40 ppm исследуемого аналита, третий чувствительный элемент может оптически реагировать на концентрацию 80 ppm исследуемого аналита, четвертый чувствительный элемент может оптически реагировать на концентрацию 100 ppm исследуемого аналита и так далее. Кроме того, как упоминалось выше, матрица может содержать множество чувствительных элементов, каждый из которых может иметь практически одинаковый исходный внешний вид или цвет (в отсутствии аналита или в присутствии аналита в концентрации, не регистрируемой данным чувствительным элементом).

В некоторых воплощениях матрица 1 содержит по меньшей мере один чувствительный элемент 2, который может быть не подвержен упомянутому выше явлению циклического перехода в присутствии наивысшей ожидаемой концентрации аналита, под воздействие которой может попасть данная матрица. Наличие по меньшей мере одного такого чувствительного элемента, не подверженного эффекту циклического перехода, может гарантировать, что даже в случае воздействия на

матрицу очень высокой концентрации аналита (например, наивысшей концентрации, которая ожидается для того или иного практического приложения), широкий диапазон динамического реагирования матрицы обеспечит обнаружение аналита.

5 В некоторых воплощениях чувствительные элементы могут иметь такую конструкцию, что диапазоны динамического реагирования по меньшей мере двух элементов могут перекрываться. То есть могут быть обеспечены по меньшей мере два чувствительных элемента, из которых первый предназначен для оптического реагирования на более низкую концентрацию аналита, а второй может быть
10 предназначен для оптического реагирования на более высокую концентрацию аналита, причем первый чувствительный элемент может быть подвержен эффекту циклического перехода при определенной концентрации аналита. Второй чувствительный элемент может иметь такую конструкцию, что он будет менять внешний вид (например, от первого цвета ко второму цвету) при концентрации
15 аналита, более низкой, чем концентрация, при которой наступает эффект циклического перехода для первого чувствительного элемента, то есть диапазон динамического реагирования второго чувствительного элемента в данном случае будет перекрываться с диапазоном динамического реагирования первого элемента.
20 (При этом второй чувствительный элемент может не быть подверженным эффекту циклического перехода даже при максимально возможных ожидаемых концентрациях аналита; или же он может быть «средне-чувствительным» элементом, для которого может наступать эффект циклического перехода при определенной концентрации аналита.)

25 Описанные в настоящей заявке способы могут обеспечить прорыв в области применения чувствительных элементов, основанных на эффектах отражения (например, на интерференционных эффектах). Использование массивов из чувствительных элементов, каждый из которых может реагировать на различные
30 концентрации аналита, позволяет изготовить устройства, имеющие исключительно широкий диапазон динамического реагирования (основанный на коллективном реагировании входящих в его состав чувствительных элементов). Более того, наличие в матрице по меньшей мере одного чувствительного элемента, который может быть не подвержен эффекту циклического перехода при максимально высокой ожидаемой
35 концентрации аналита, в сочетании с упомянутым выше перекрыванием диапазонов динамического реагирования по меньшей мере некоторых пар чувствительных элементов, обеспечивает очень удобный вид оптической чувствительности.

Так, например, может быть обеспечена матрица, в которой все отдельные
40 чувствительные элементы имеют аналогичный первый (исходный) внешний вид (например, цвет) в отсутствии обнаружимых уровней концентрации аналита. При воздействии на матрицу «более низкого» уровня концентрации исследуемого аналита может измениться внешний вид по меньшей мере первого чувствительного элемента (то есть элемента, который может реагировать на более низкий уровень концентрации
45 аналита.) При воздействии на матрицу средней концентрации аналита второй чувствительный элемент может изменить внешний вид на второй внешний вид, но при этом первый чувствительный элемент еще не будет подвержен эффекту циклического перехода и не поменяет своего внешнего вида обратно на первый внешний вид. При
50 воздействии более высокой концентрации аналита еще один (третий) чувствительный элемент может поменять внешний вид на второй внешний вид, но при этом второй чувствительный элемент еще не будет подвержен эффекту циклического перехода, и не поменяет внешнего вида со второго обратно на первый. При воздействии на матрицу

наивысшей ожидаемой концентрации аналита по меньшей мере один из чувствительных элементов, конструкция которого обеспечивает не подверженность его эффекту циклического перехода, останется иметь второй внешний вид. Таким образом может быть обеспечена матрица, в которой, в присутствии любой обнаружимой концентрации аналита, по меньшей мере один из чувствительных элементов будет иметь второй внешний вид. Пользователю такого массива будет понятно, что наличие второго внешнего вида по меньшей мере у одного из чувствительных элементов массива (независимо от внешнего вида прочих чувствительных элементов массива) и/или наличие разности внешнего вида между любыми двумя чувствительными элементами массива может указывать на присутствие аналита в некоторой обнаружимой концентрации. Такая матрица может использоваться для полуколичественной или количественной индикации концентрации аналита в наблюдаемой атмосфере.

Конкретные уровни концентрации аналита, при которых происходит изменение внешнего вида различных чувствительных элементов, могут быть изменены путем изменения конструкции соответствующих чувствительных элементов, в зависимости от исследуемого аналита, особенностей окружающей среды, в которой проводится наблюдение за концентрацией аналита и прочих факторов. В матрице может быть обеспечено множество чувствительных элементов, диапазоны чувствительности которых перекрываются описанным выше образом между несколькими чувствительными элементами.

Оптическая реакция матрицы 1 в соответствии с настоящим изобретением, содержащей первый чувствительный элемент 2' и второй чувствительный элемент 2'' (которые не обязательно должны в точности соответствовать чувствительным элементам 2' и 2'', описанным выше и изображенным на фиг.4a и 4b, и/или иметь точно такую же конструкцию), схематически изображена на фиг.5. Как показано на фиг.5, в отсутствие обнаружимого уровня концентрации аналита оба чувствительных элемента могут находиться в первом состоянии (например, иметь первый внешний вид). Под воздействием первой, более низкой концентрации аналита первый чувствительный элемент 2' может перейти во второе состояние, но второй чувствительный элемент 2'' при этом останется в первом состоянии. Под воздействием среднего уровня концентрации аналита (большего первого, низкого уровня), второй чувствительный элемент 2'' может перейти во второе состояние, а первый чувствительный элемент 2' при этом останется во втором состоянии (то есть, имеет место выше описанное перекрывание диапазонов динамического реагирования чувствительных элементов матрицы). Под воздействием высокого уровня концентрации аналита (еще более высокого, чем средний уровень) для первого чувствительного элемента 2' может наступить эффект циклического перехода, и он вернется в первое состояние, но для второго чувствительного элемента 2'' эффект циклического перехода может не наступить, и данный элемент останется во втором состоянии. Нахождение во втором состоянии какого либо из чувствительных элементов указывает на то, что аналит присутствует в обнаружимой концентрации.

Приведенный выше простой пример показывает, какие возможности увеличения диапазона динамической чувствительности, надежности и точности могут обеспечить способы, описанные в настоящей заявке. Использование дополнительных чувствительных элементов (то есть более двух), выбор подходящей конструкции чувствительных элементов и прочие решения - могут обеспечить дальнейшее повышение динамической чувствительности, надежности и точности. И хотя в

приводимых примерах первое и второе состояния соответствуют первому и второму внешнему виду, наблюдаемому визуально, или первому и второму спектру (между которыми происходит сдвиг), наблюдаемым с помощью электронно-оптических приборов и методов, используемые термины «состояния» и «способы определения состояния» могут в общем относиться и к другим типам состояний и способам их определения.

Дальнейшие воплощения предлагаемых способов могут содержать дополнительные черты. Так, например, в матрице могут быть предусмотрены один или более контрольных элементов (то есть не изменяющих своего внешнего вида, предназначенных для помощи пользователю в определении изменений цвета. Такой контрольный элемент может содержать, например, цветной или окрашенный материал, или область материала, или чувствительный элемент (например, в целом предлагаемого в настоящей заявке типа), конструкция которого такова, что он не будет реагировать на определенную (например, низкую) концентрацию аналита. Следует также отметить, что использование матрицы с множеством чувствительных элементов, имеющих практически одинаковый исходный внешний вид, обеспечивает преимущество в виде функции встроенного контроля, то есть отсутствие необходимости в отдельно поставляемых контрольных чувствительных элементах. Независимо от способа достижения данного результата в некоторых воплощениях матрица 1 может иметь такую конструкцию, что в присутствии обнаружимой концентрации аналита пользователь может увидеть разницу внешнего вида по меньшей мере двух отдельных чувствительных элементов матрицы 1 (вместо, или в дополнение к осознанию разницы между внешним видом какого-либо чувствительного элемента в настоящее время и внешним видом того же элемента, который он имел до этого).

Предлагаемые в соответствии с настоящим изобретением матрицы и способы их использования могут использоваться в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (например, респираторах, которые могут содержать фильтрующий элемент, сорбирующую среду и прочие компоненты для удаления тех или иных загрязняющих веществ из атмосферы), например, как индикатор окончания срока службы, который может наблюдать за составом воздуха, проходящего по меньшей мере через часть фильтрующего элемента, абсорбирующей среды или прочего компонента устройства защиты органов дыхания. Регистрируемое повышение концентрации аналита может указывать на то, что фильтрующий элемент или абсорбирующая среда скоро утратит свою способность удалять аналит из потока воздуха. В таких случаях может быть целесообразным обнаружение аналита (например, в потоке воздуха, прошедшем или проходящем через фильтрующий элемент или сорбент), в концентрации, уровень которой соответствует так называемой предельно допустимой концентрации (ПДК). Кроме того, такого рода средства индивидуальной защиты органов дыхания могут давать дополнительные преимущества при их использовании в случаях, когда концентрация аналита в атмосфере в 10 раз, или даже в 50 раз превышает ПДК. В таких случаях использование единичного чувствительного элемента позволило бы, например, обнаружить низкую концентрацию аналита, но при гораздо более высокой концентрации аналита для такого элемента может наступить эффект циклического перехода (например, в случае конденсации аналита в сорбенте, или насыщения сорбента аналитом, в результате чего может наступить прорыв аналита через сорбент в большой концентрации). Поэтому использование единичного элемента может быть не настолько эффективным, как использование матрицы, содержащей множество

чувствительных элементов. То есть, сохраняется способность обнаружения низких концентраций аналита, и обеспечивается также способность к обнаружению высоких концентраций аналита.

5 Как показано на фиг.6, в некоторых воплощениях респиратор 101 индивидуального пользования, в котором может использоваться матрица 1, включает лицевую
маску 102, на которой установлена пара сменных воздухоочищающих
картриджей 103. Каждый из картриджей 103 работает как контейнер, в который
10 заключен сорбирующий материал (например, активированный уголь (на фиг.6 не показан)). Передняя крышка 104 каждого из картриджей 103 включает множество
отверстий 105, служащих входными отверстиями для газа, через которые в
картридж 103 может заходить атмосферный воздух, который затем проходит через
сорбирующий материал и через патрубок (на фиг.6 не обозначен), который служит
15 устройством выхода для картриджа 103 и входа для лицевой маски 102. Выдыхаемый
воздух выходит через респиратор 101 через выдыхательный клапан 109. Такой
индикатор может использоваться в различных устройствах защиты органов дыхания.
Так, например, такой индикатор может использоваться респираторе с одним
картриджем или в респираторе с воздухоочистителем, работающим от внешнего
20 источника питания. Боковая стенка 106 каждого картриджа 103 может включать одно
или более смотровых окон 107, через которые можно видеть чувствительные
элементы 2 матрицы 1. В альтернативных воплощениях вся боковая стенка 106, или
весь картридж 103 может быть выполнен прозрачным (то есть может содержать
оптически прозрачный пластический материал).

25 На фиг.7 представлено поперечное сечение респиратора 103. При необходимости
отверстия 105 могут быть плотно закрыты до использования картриджа, например,
съёмной крышкой (на фиг.6 и 7 не показана), которая может быть удалена
непосредственно перед использованием картриджа. Слой сорбента 121 абсорбирует
30 или адсорбирует по меньшей мере часть одного или более аналитов, например,
органических паров, проходящих от отверстий 105 к выходному патрубку 123.
Одноходовой выдыхательный клапан, установленный на штифте 127, предотвращает
попадание выдыхаемого воздуха в картридж 103. Для разъёмного соединения
картриджа 103 с маской 102 могут использоваться один или несколько
35 соединительных элементов 129 резьбового, или, что более предпочтительно,
байонетного типа. Боковая стенка 106 может включать одно или более прозрачных
смотровых окон 107, упомянутых выше. Смотровое окно 107 может содержать
оптически прозрачную часть боковой стенки 106; или же смотровое окно 107 может
40 представлять собой проем в боковой стенке 106, в который установлены один или
более чувствительных элементов 2, перекрывающих смотровое окно 107 (например, за
счет того, что основа 210 чувствительного элемента 2 может работать как барьер,
перекрывающий смотровое окно 107). Окно 107 позволяет свету (например, внешнему
освещению) попадать на чувствительные элементы 2, а отраженному от них свету
45 выходить из картриджа 103. При необходимости для дополнительной защиты
окна 107 от краски, брызг, пыли и прочих затемняющих частиц может использоваться
удаляемый или сменный экран (на фиг.7 не показан). В некоторых воплощениях
картридж 103 может подлежать замене, когда видимое изменение внешнего вида по
50 меньшей мере одного чувствительного элемента 2 укажет на повышенный уровень
концентрации аналита во вдыхаемом потоке воздуха (после прохождения воздуха
через сорбирующий материал 121), например, вследствие насыщения сорбирующего
материала аналитом в данных атмосферных условиях. Чувствительные элементы 2

могут быть расположены в картридже 103 в любой подходящей конфигурации, и в любом положении относительно сорбирующего материала 121, при условии что они должны объективно отражать концентрацию аналита в воздухе, прошедшем, или проходящем через сорбирующий материал 121. В некоторых воплощениях может
5 быть предпочтительно использование чувствительного элемента 2 типа, изображенного на фиг.1, например, содержащего проницаемый для аналита отражающий слой 240. В таком случае чувствительный элемент 2 может быть расположен так, что проницаемый для аналита отражающий слой 240 будет обращен
10 вовнутрь картриджа 103 (так, чтобы аналит, содержащийся в воздушном потоке внутри, картриджа 103, мог эффективно попадать в чувствительный элемент 2), а (оптически прозрачная) основа 210 будет обращена наружу (то есть будет расположена в непосредственной близости или в контакте с оптически прозрачным
15 материалом смотрового окна 107), так чтобы с чувствительных элементов можно было снимать оптические показания. В некоторых воплощениях чувствительные элементы 2 могут быть расположены так, что их плоскость будет параллельна потоку воздуха через картридж 103, и, возможно, так, что их длина будет протяженной вдоль всей длины пути воздушного потока, так что «фронт» изменения внешнего вида
20 может продвигаться вместе с потоком аналита через сорбирующий материал 121. Возможны также и прочие конфигурации. Так, например, чувствительные элементы 2 могут быть расположены ближе к концу пути воздушного потока (ближе к его выходу из сорбирующего материала 121).

Чувствительные элементы 2 матрицы 1 могут удерживаться на своих местах на картридже 103 (или внутри картриджа 104) любым подходящим способом или устройством. Так, например, каждый из отдельных чувствительных элементов 2 может удерживаться на своем месте, будучи прижатым к внутренней поверхности прозрачного смотрового окна 107 боковой стенки 106) давлением со стороны сорбирующего материала 121. В качестве альтернативы чувствительный элемент 2
30 может быть прикреплен (к боковой стенке 106 или какой-либо иной части картриджа 103) посредством одного или более устройств механического крепления, таких, как винт, зажим, скоба, «липучка» и им подобные. В некоторых воплощениях датчик 99 может быть прикреплен сваркой растворителем, ультразвуковой сваркой,
35 жидким адгезивом (например, адгезивом, отвердевающим под действием облучения, цианоакрилатным, эпоксидным адгезивом или им подобными). Для удержания чувствительного элемента 2 в картридже 103 могут быть предусмотрены формованные пазы, рамка или иная удерживающая структура.

В некоторых воплощениях чувствительный элемент 2 может быть прикреплен с помощью оптически прозрачного двухстороннего адгезива, чувствительного к давлению. В некоторых воплощениях такой адгезив может быть выполнен в виде слоя между по меньшей мере частью чувствительного элемента 2 (например, находящегося в контакте с оптически прозрачной основой 210) и по меньшей мере частью
45 прозрачного смотрового окна 107. В таком случае считывание оптических показаний чувствительного элемента 2 может проводиться за счет света, прошедшего через прозрачное смотровое окно 107, оптически прозрачный адгезив и оптически прозрачную основу 210. В некоторых воплощениях один или более чувствительных
50 элементов могут быть выполнены на оптически прозрачном носителе (например, ламинированы со слоем стекла, пластмассы или другого материала), который может быть ощутимо толще, чем оптически прозрачная основа 210, и который может быть расположен в непосредственной близости, и/или прикреплен, к части прозрачного

смотрового окна 107.

Чувствительные элементы 2 матрицы 1 могут быть расположены в непосредственной близости друг к другу или могут быть пространственно разнесены друг с другом (например, могут быть расположены на различных боковых стенках 106 картриджа 103, и просматриваться через различные смотровые окна 107). Чувствительные элементы 2 могут быть расположены в ряд, в узлах решетки или любым другим образом. При необходимости чувствительные элементы 2 могут быть расположены таким образом, чтобы усиливалась возможность пользователя видеть разницу между внешним видом различных чувствительных элементов. Так, например, чувствительные элементы могут быть расположены в непосредственной близости друг к другу, один чувствительный элемент может окружать другой чувствительный элемент, и так далее.

Дополнительная информация об устройствах и способах включения предлагаемых чувствительных элементов и/или матриц в картриджи респираторов приводится в патентных заявках США «Фильтрующий картридж с крышкой, прикрывающей индикатор срока службы», «Фильтрующий картридж с окошком, совмещенным с индикатором срока службы» и «Фильтрующий картридж с полем зрения для обзора индикатора окончания срока службы», поданных в один день с настоящей заявкой и упоминаемых в настоящей заявке для ссылки.

В некоторых воплощениях респиратор 101 индивидуального пользования, в котором может быть использована матрица 1, содержит маску одноразового пользования (общий тип которой описан в патенте США 6234171), измененную таким образом, чтобы в нее могла быть включена матрица 1 с чувствительными элементами 2. В таких воплощениях маска, имеющая в целом чашеобразную форму и представляющая собой корпус респиратора, может содержать слой сорбирующего материала. Маска может включать прозрачное смотровое окно, через которое можно видеть чувствительные элементы 2, расположенные после абсорбирующего материала по ходу вдыхаемого воздуха. Прочие элементы конструкции такого респиратора хорошо знакомы сведущим в данной области техники.

Матрица 1, содержащая чувствительные элементы 2, может также использоваться в индивидуальных и/или зонных приборах наблюдения, примеры которых описаны в предварительной патентной заявке США 61/148228, упоминаемой в настоящей заявке для ссылки.

Примеры

Все реактивы и материалы, использованные в описанных ниже примерах, приобретали у Sigma-Aldrich (Сент-Луис, штат Миссури, США), если не указано иное.

Приготовление 1-го образца полимера с присущей пористостью на основе тетрафтортерефталонитрила (ТФТН-Р1М 1)

В двухлитровой трехгорлой колбе с круглым дном 33,4357 г 3,3,3',3'-тетраметил-1,1'-спиробисиндан-5,5',6,6'-тетрола (далее «тетрол») и 19,8016 г тетрафтортерефталонитрила (далее «ТФТН») растворяли в 900 мл обезвоженного N,N-диметил формамида (далее «ДМФ»). Раствор размешивали механической мешалкой, после чего через раствор в течение часа продували азот. В раствор добавляли 81,4491 г карбоната калия (EMD Chemicals, Гиббстаун, штат Нью-Джерси, США). Колбу помещали в масляную ванну с температурой 68°C. При данной повышенной температуре смесь мешали в атмосфере азота в течение 65 часов. После этого полимеризационную смесь выливали в 9 л воды. Образовавшийся осадок фильтровали с помощью вакуума, промывали в 600 мл MeOH (VWR, Вест-Честер, штат

Пенсильвания, США), и сушили на воздухе, распределив по плоской поверхности, в течение ночи. Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Полученный желтый порошок растворяли в 450 мл тетрагидрофурана (производства EMD). Полученный раствор медленно вливали в 9 л метанола. Образовавшийся осадок отделяли фильтрацией под вакуумом, распределяли по плоской поверхности и сушили на воздухе в течение ночи.

Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Осаждение в метаноле повторяли еще раз. В результате было получено 42,8 г сухого полимера ярко-желтого цвета. Анализ полученного полимера методом гель-проникающей хроматографии со светорассеянием показал, что материал имеет показатель M_n примерно 30900.

Приготовление 2-го образца полимера с присущей пористостью на основе тетрафтортерефталонитрила (ТФТН-Р1М 2)

В двухлитровой трехгорлой колбе с круглым дном 33,4365 г тетрола и 19,8016 г ТФТН растворяли в 900 мл обезвоженного ДМФ. Раствор размешивали механической мешалкой, после чего через раствор в течение часа продували азот. В раствор добавляли 81,4480 г карбоната калия. Колбу помещали в масляную ванну, в которой поддерживали температуру 68°C. При данной повышенной температуре смесь мешали в атмосфере азота в течение 67,5 часов. После этого полимеризационную смесь выливали в 9 л воды. Образовавшийся осадок фильтровали с помощью вакуума, промывали в 600 мл MeOH, и сушили на воздухе, распределив по плоской поверхности, в течение ночи. Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Полученный желтый порошок растворяли в 450 мл тетрагидрофурана. Полученный раствор медленно вливали в 9 л метанола. Образовавшийся осадок отделяли фильтрацией под вакуумом, распределяли по плоской поверхности и сушили на воздухе в течение ночи. Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Осаждение в метаноле повторяли еще раз. В результате было получено 43,22 г сухого полимера ярко-желтого цвета. Анализ полученного полимера методом гель-проникающей хроматографии со светорассеянием показал, что материал имеет показатель M_n примерно 35800.

Приготовление 3-го образца полимера с присущей пористостью на основе тетрафтортерефталонитрила (ТФТН-Р1М 3)

В двухлитровой трехгорлой колбе с круглым дном 33,4366 г 3,3,3',3'-тетраметил-1,1'-спиробисиндан-5,5',6,6'-тетрола и 19,8008 г тетрафтортерефталонитрила растворяли в 900 мл обезвоженного N,N-диметил формамида. Раствор размешивали механической мешалкой, после чего через раствор в течение часа продували азот. В раствор добавляли 81,4480 г карбоната калия (EMD Chemicals, Гиббстаун, штат Нью-Джерси, США). Колбу помещали в масляную ванну, в которой поддерживали температуру 68°C. При данной повышенной температуре смесь мешали в атмосфере азота в течение 65 часов. После этого полимеризационную смесь выливали в 9 л воды. Образовавшийся осадок фильтровали с помощью вакуума, промывали в 600 мл MeOH (VWR, Вест-Честер, штат Пенсильвания, США), и сушили на воздухе, распределив по плоской поверхности, в течение ночи. Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Полученный желтый порошок растворяли в 450 мл тетрагидрофурана (EMD). Полученный раствор медленно вливали в 9 л метанола. Образовавшийся осадок отделяли фильтрацией под вакуумом, распределяли по плоской поверхности и сушили на воздухе в течение ночи.

Полученный твердый осадок помещали в склянку и сушили под вакуумом при 68°C в течение 4 часов. Осаждение в метаноле повторяли еще раз. В результате было получено 42,90 г сухого полимера ярко-желтого цвета. Анализ полученного полимера методом гель-проникающей хроматографии со светорассеянием показал, что материал имеет показатель M_n примерно 40000.

Изготовление Образца 1

Основу из металлизированного полиэтилен-терефталата готовили путем нанесения металлического слоя никеля толщиной 10 нм способом осаждения паров на чистый полиэтилен-терефталат (Dupont Teijin). Готовили 4%-ный раствор (по весу) ТФТН-Р1М 1 в хлоробензоле (Alfa Aesar, Ворд-Хилл, штат Массачусетс, США) и наносили его на основу из полиэтилен-терефталата с никелевым покрытием с помощью щелевой головки до толщины примерно 600 нм. После этого на слой ТФТН-Р1М с помощью щелевой головки наносили слой наночастиц серебра, используя раствор, полученный разбавлением 100 г суспензии наносеребра (DGP-40LT-15C производства Advanced Nanoproducts, Корея, содержание серебра 40% по весу) в 150 г 1-метокси-2-пропанола (Dow Chemical, Мидлэнд, Мичиган). После нанесения покрытий полученный образец датчика выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц серебра.

Изготовление Образца 2

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Готовили 6%-ный раствор (по весу) поли(метакрилонитрила) (далее «ПМАН») (Scientific Polymer Products, Inc., Онтарио, штат Нью-Йорк, молекулярный вес примерно 20 000) в нитрометане (EMD) и полученный раствор наносили в виде покрытия на основу из Ni-РЕТ способом центрифугирования при 2100 об/мин в течение 2 минут в центрифуге WS-400B-8NPP-Lite Single Wafer производства Laurell Technologies, Corp., (Северный Уэлс, штат Пенсильвания, США). Готовили 2%-ный раствор (по весу) ТФТН-Р1М 2 в хлоробензоле и наносили его поверх слоя поли(метакрилонитрила) центрифугированием при 1500 об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии наночастиц серебра (смотри описание Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола. Разбавленную суспензию наночастиц серебра наносили поверх слоя ТФТН-Р1М с помощью центрифугирования при 1000 об/мин. После нанесения покрытий полученный образец датчика выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц серебра. Суммарная толщина слоев ПМАН/ТФТН-Р1М составляла примерно 600 нм, из них толщина слоя ТФТН-Р1М составляла примерно 100 нм.

Изготовление Образца 3

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Готовили 6%-ный раствор (по весу) поли(метакрилонитрила) в циклогексаноне (EMD) и полученный раствор наносили в виде покрытия на основу из Ni-ПЭТ центрифугированием 1100 об/мин. Готовили 3%-ный раствор (по весу) ТФТН-Р1М 2 в хлоробензоле и наносили его поверх слоя поли(метакрилонитрила) центрифугированием при 1500 об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии наночастиц серебра (смотри описание Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола. Разбавленную суспензию наночастиц серебра наносили поверх слоя ТФТН-Р1М с помощью центрифугирования при 1000 об/мин. После нанесения покрытий полученный образец датчика выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц серебра. Суммарная толщина слоев ПМАН/ТФТН-Р1М составляла примерно 600 нм, из них толщина слоя ТФТН-Р1М составляла примерно 200 нм.

Изготовление Образца 4

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Готовили 6%-
ный раствор (по весу) поли(метакрилонитрила) в циклогексаноне и полученный
раствор наносили в виде покрытия на основу из Ni-ПЭТ центрифугированием
при 1500 об/мин. Готовили 4%-ный раствор (по весу) ТФТН-РІМ 2 в хлоробензоле и
наносили его поверх слоя поли(метакрилонитрила) центрифугированием при 3000
об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии наночастиц серебра (смотри
приготовление Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола. Разбавленную суспензию
наночастиц серебра наносили поверх слоя ТФТН-РІМ с помощью центрифугирования
при 1000 об/мин. После нанесения покрытий полученный образец датчика
выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц
серебра. Суммарная толщина слоев ПМАН/ТФТН-РІМ составляла примерно 600 нм,
из них толщина слоя ТФТН-РІМ составляла примерно 250 нм.

Изготовление Образца 5

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Готовили 6%-
ный раствор (по весу) поли(метакрилонитрила) в циклогексаноне и полученный
раствор наносили в виде покрытия на основу из Ni-ПЭТ центрифугированием при 1
900 об/мин. Готовили 4%-ный раствор (по весу) ТФТН-РІМ 2 в хлоробензоле и
наносили его поверх слоя поли(метакрилонитрила) центрифугированием при 2000
об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии наночастиц серебра (смотри
приготовление Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола. Разбавленную суспензию
наночастиц серебра наносили поверх слоя ТФТН-РІМ с помощью центрифугирования
при 1000 об/мин. После нанесения покрытий весь образец датчика выдерживали при
температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц серебра. Суммарная
толщина слоев ПМАН/ТФТН-РІМ составляла примерно 600 нм, из них толщина слоя
ТФТН-РІМ составляла примерно 300 нм.

Изготовление Образца 6

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1.
Готовили 10%-ный раствор (по весу) поли(винилиден хлорид-со-акрилонитрил-со-
метил метакрилата) (Sigma-Aldrich, молекулярный вес примерно 13000, M_n
примерно 84000, далее «PVnCl») в циклогексаноне и полученный раствор наносили в
виде покрытия на основу из Ni-ПЭТ центрифугированием при 1500 об/мин. Поверх
слоя PVnCl наносили слой SiO_x осаждением из газовой фазы. Готовили 4%-ный
раствор (по весу) ТФТН-РІМ 2 в хлоробензоле и наносили его поверх слоя SiO_x
центрифугированием при 3000 об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии
наночастиц серебра (смотри приготовление Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола.
Разбавленную суспензию наночастиц серебра наносили поверх слоя ТФТН-РІМ с
помощью центрифугирования при 1000 об/мин. После нанесения покрытий весь
образец датчика выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания
наночастиц серебра. Суммарная толщина слоев PVnCl/SiO_x/ТФТН-РІМ составляла
примерно 600 нм, из них толщина слоя ТФТН-РІМ составляла примерно 250 нм.

Изготовление Образца 7

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Готовили 7%-
ный раствор (по весу) полистирола (Sigma-Aldrich, молекулярный вес примерно 280000)
в толуоле, и полученный раствор наносили в виде покрытия на основу из Ni-ПЭТ
центрифугированием при 2500 об/мин. Образец помещали под бактерицидную лампу и
облучали в течение 18 часов. Готовили 4%-ный раствор (по весу) ТФТН-РІМ 2 в
хлоробензоле и наносили его поверх слоя полистирола с образовавшимся

поперечными связями центрифугированием при 3000 об/мин. 0,5 г поставляемой в готовом виде суспензии наночастиц серебра (смотри приготовление Образца 1) разбавляли в 1 мл метанола. Разбавленную суспензию наночастиц серебра наносили
5 поверх слоя ТФТН-Р1М с помощью центрифугирования при 1000 об/мин. После нанесения покрытий весь образец датчика выдерживали при температуре 150°C в течение 1 часа для спекания наночастиц серебра. Суммарная толщина слоев полистирол/ТФТН-Р1М составляла примерно 600 нм, из них толщина слоя ТФТН-Р1М составляла примерно 250 нм.

10 Изготовление Образца 8

Основу из ПЭТ с никелевым покрытием готовили, как для Образца 1. Полимер ТФТН-Р1М-3 растворяли до концентрации 4% в хлоробензоле и наносили на металлизированную ПЭТ-основу, как при изготовлении образца 1. После этого на
15 слой ТФТН-Р1М-3 наносили слой наночастиц серебра, как при изготовлении образца 1.

Изготовление Образца 9

Образец готовили таким же образом, как образец 4.

Реакция образцов 1-7 на тестовый анализ

20 Для подачи тестового анализа (стирола) в известной концентрации на чувствительный элемент использовали простое самодельное продувочное устройство. Во всех частях устройства использовали тефлоновые трубки. На нагретую пластину подавали жидкий стирол (Alfa Aesar, номер продукта A1 8481, содержание стирола 99%) с известным расходом с помощью шприцевого насоса
25 производства Harvard Apparatus. Пластина располагалась в колбе объемом 500 мл с круглым дном, через которую пропускали сухой воздух (относительной влажностью менее 5%), расход которого поддерживали на уровне 20 л/мин. Точную концентрацию стирола в газовом потоке определяли с помощью инфракрасного спектрометра Miran
30 Sapphire производства ThermoElectron (Вольтхэм, штат Массачусетс, США). Поток газообразного стирола подавали в испытательную камеру, содержащую образец чувствительного элемента, в которой поддерживалась комнатная температура.

С помощью такого устройства изготовленные образцы чувствительного элемента последовательно подвергали воздействию газовых потоков, содержащих стирол в
35 диапазоне концентраций от 50 до 1300 частиц на миллион. Длительность нахождения каждого образца в камере под воздействием данной концентрации стирола составляла 50-60 минут. Во время такого воздействия с образца считывали оптические показания с помощью спектрометра USB 2000 производства Ocean Optics с вольфрам-галогенной лампой LS-I в качестве источника света и оптоволоконным зондом, и
40 записывали спектр отражения (общий вид которого показан на фиг.3). При каждой концентрации стирола, воздействующей на элемент, записывали значение сдвига спектра в нанометрах (обычно сдвиг определяется по пику, соответствующему длине волны примерно 570 нм, по отношению к исходному расположению пика, то есть в
45 отсутствие анализа в атмосфере). Результаты испытаний образцов 1-7 отложены на графике на фиг.5. До воздействия на них анализа образцы 1-7 имели практически одинаковый внешний вид (зеленый цвет, при их наблюдении под одним и тем же углом). Для данных образцов сдвиг спектра примерно на 25 нм (измеренный, как
50 указано выше) сопровождался визуально заметным изменением внешнего вида чувствительного элемента, а именно, изменением его цвета с зеленого на красный. Для образца 1 изменение цвета с зеленого на красный происходило при воздействии на него атмосферы, содержащей примерно 20 ppm стирола, для образца 5 - примерно 50

ppm стирола, для образца 4 - примерно 80 ppm стирола, для образца 3 - примерно 300 ppm стирола, и для образца 2 - примерно 800 ppm стирола.

Изобретателями было обнаружено, что для чувствительных элементов такого типа, имеющих суммарную толщину (оптически реагирующего слоя 230) от примерно 400 нм до примерно 800 нм при сдвиге спектра примерно на 80 нм наступал эффект циклического перехода (то есть чувствительный элемент изменял цвет с красного обратно на зеленый, который он имел изначально в отсутствии аналита. Поэтому можно ожидать, что образец 1 (в котором оптически реагирующий слой содержал только слой РІМ, чувствительный к высокой концентрации аналита и имеющий толщину примерно 600 нм, и не содержащий слоя, минимально чувствительного к аналиту) под воздействием атмосферы, содержащей примерно 100 ppm стирола, будет подвержен эффекту циклического перехода. Примечательно, что никакой из образцов 2-7, все из которых содержали РІМ-слой толщиной не более чем примерно 300 нм, и каждый из них содержал минимально чувствительный к аналиту слой такой толщины, чтобы суммарная толщина оптически реагирующего слоя составила 600 нм, не достигал сдвига спектра на величину 80 нм (после чего мог бы наступить эффект циклического перехода) даже под воздействием относительно высоких концентраций стирола. Так, например, даже образец 4 под воздействием стирола в концентрации 1300 ppm стирола не достигал сдвига спектра 80 нм.

Реакция образцов 8-9 на тестовый аналит

Образцы 8 и 9 приклеивали с помощью оптически прозрачного адгезива 3М 8172 к внутренней боковой стенке картриджа, общий вид которого изображен на фиг.6, и который был изготовлен из прозрачной пластмассы. Проницаемый по отношению к аналиту слой наночастиц серебра был обращен вовнутрь картриджа. После этого картридж заполняли 45,8 г сорбента (активированного угля) GG 12X20 производства Kuraray. Образцы располагали в конце пакета сорбирующего материала, так, что их длина была параллельна направлению потока воздуха через сорбирующий материал. После этого картридж плотно закрывали и подвергали воздействию потока осушенного воздуха (относительная влажность менее 5%), содержащего 1000 ppm стирола (что в 50 раз превышает предельно допустимую концентрацию (20 ppm стирола), установленную Американской Конференцией промышленных гигиенистов), с расходом 32 л/мин. Наблюдения за чувствительными элементами проводили при внешнем освещении с помощью камеры Zarbeco MiScope-MP, через прозрачную боковую стенку картриджа и через прозрачный адгезив. До пропускания через них воздуха с парами аналита оба чувствительных элемента имели зеленый внешний вид. Спустя 153 после начала воздействия в образце 8 чувствительные элементы имели зеленый и красный цвет (при этом зеленый цвет преобладал в части образца, находившейся ближе к месту входа испытываемого воздуха, в то время как часть образца 9, расположенная ближе ко входу воздуха, была преимущественно красной, а часть, расположенная ближе к выходу воздуха - преимущественно зеленой. На основании данных показаний можно предположить, что образец 9 отображал прохождение через картридж «фронта» аналита, в то время как в образце 8 по меньшей мере частично (например, локально) происходил эффект циклического перехода. Спустя 228 минут после начала воздействия образец 8 принимал равномерную зеленую окраску (то есть в нем полностью происходил эффект циклического перехода, а образец 9 теперь имел однородный красный цвет (то есть не испытывал циклического перехода).

Описанные выше испытания и результаты испытаний являются чисто

иллюстративными, и не подразумеваются как точно прогнозируемые для всех случаев, и можно ожидать, что при изменении процедур испытаний могут быть получены результаты, отличающиеся от приведенных. Подразумевается, что все количественные значения в разделе «Примеры» являются приблизительными в пределах обычно допустимых для соответствующих процедур отклонений. Вышеприведенные подробное описание изобретения и примеры приведены только для ясности понимания. Никаких ограничений изобретения в них не подразумевается.

Сведущим в данной области техники будет очевидно, что описанные конкретные структурные элементы, черты, детали, конфигурации и прочее, могут быть изменены и/или использоваться в различных сочетаниях в многочисленных возможных воплощениях изобретения. Все такие изменения и сочетания рассматриваются изобретателем как находящиеся в масштабах настоящего изобретения. Поэтому масштаб изобретения не следует рассматривать как ограниченный конкретными, приведенными в качестве иллюстраций структурами, описанными выше, а скорее подразумевается, что масштаб изобретения ограничивается структурами, описанными в формуле изобретения, и им эквивалентными. В случае расхождения между настоящим документом и содержанием документа, на который дается ссылка, следует руководствоваться содержанием настоящего документа.

Формула изобретения

1. Матрица для оптического обнаружения аналита, содержащая по меньшей мере два отдельных оптически считываемых чувствительных элемента,

причем каждый из чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой, расположенный между двумя отражающими слоями, причем оптически реагирующий слой каждого из чувствительных элементов содержит по меньшей мере высокочувствительный к аналиту первый подслой, и причем оптически реагирующий слой по меньшей мере одного из чувствительных элементов дополнительно содержит минимально чувствительный к аналиту второй подслой,

причем первый подслой и второй подслой каждого из чувствительных элементов имеют толщину, причем толщина первого подслоя и толщина второго подслоя одного чувствительного элемента значительно отличаются от толщины первого подслоя и второго подслоя другого чувствительного элемента соответственно.

2. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что толщина оптически реагирующего слоя по меньшей мере одного чувствительного элемента близка к толщине оптически реагирующего слоя по меньшей мере одного другого чувствительного элемента.

3. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из чувствительных элементов свободен от минимально чувствительного к аналиту второго подслоя.

4. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой, причем отношение толщины первого высокочувствительного к аналиту подслоя к толщине второго минимально чувствительного к аналиту подслоя составляет от примерно 1:8 до примерно 8:1.

5. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что по меньшей мере один из чувствительных элементов содержит оптически реагирующий слой, причем отношение толщины первого высокочувствительного к аналиту подслоя к толщине второго минимально чувствительного к аналиту подслоя составляет от примерно 1:4 до примерно 4:1.

6. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что содержащая по меньшей мере три отдельно оптически считываемых чувствительных элемента, причем толщина первого подслоя и толщина второго подслоя каждого из чувствительных элементов
5 значительно отличаются от толщины соответственно первого подслоя и второго подслоя каждого из других чувствительных элементов.

7. Матрица по п.1, отличающаяся тем, что используется в сочетании со средством индивидуальной защиты органов дыхания.

8. Матрица по п.7, отличающаяся тем, что чувствительные элементы расположены
10 в контейнере, содержащем сорбирующий материал, который может поглощать аналит.

9. Матрица по п.8, отличающаяся тем, что чувствительные элементы матрицы расположены внутри воздухоочищающего картриджа средства индивидуальной защиты органов дыхания.

10. Матрица по п.9, отличающаяся тем, что чувствительные элементы матрицы
15 расположены в непосредственной близости к прозрачному смотровому окну воздухоочищающего картриджа так, чтобы их можно было оптически считывать извне картриджа.

11. Оптический способ обнаружения аналита в атмосфере, за которой ведется
20 наблюдение, содержащий этапы, на которых обеспечивают матрицу, содержащую по меньшей мере первый чувствительный элемент, внешний вид которого меняется с первого внешнего вида на второй внешний вид в присутствии первой, более низкой концентрации аналита в атмосфере, за которой ведется наблюдение, и со второго
25 внешнего вида обратно на первый внешний вид в присутствии второй, более высокой концентрации аналита; и по меньшей мере второй чувствительный элемент, внешний вид которого не меняется с первого внешнего вида на второй внешний вид при
30 первой, более низкой концентрации аналита, при этом внешний вид второго чувствительного элемента в присутствии третьей, промежуточной концентрации аналита, находящейся по значению между более низкой и более высокой
35 концентрациями, меняется с первого внешнего вида на второй внешний вид, а в присутствии аналита во второй, более высокой концентрации не меняется со второго внешнего вида обратно на первый внешний вид, и подвергают матрицу из
чувствительных элементов воздействию атмосферы, потенциально содержащей аналит.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что матрица содержит по меньшей мере
40 один чувствительный элемент, внешний вид которого меняется с первого внешнего вида на второй внешний вид в присутствии аналита в некоторой концентрации, но не меняется со второго внешнего вида на первый внешний вид в присутствии аналита в
любой концентрации.

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что каждый из чувствительных элементов
содержит оптически реагирующий слой, расположенный между двумя отражающими
45 слоями, причем оптически реагирующий слой каждого из чувствительных элементов содержит по меньшей мере высокочувствительный к аналиту первый подслой, и
причем оптически реагирующий слой по меньшей мере второго чувствительного
50 элемента дополнительно содержит минимально чувствительный к аналиту второй подслой, причем первый подслой и второй подслой каждого из чувствительных элементов имеют толщину, причем толщина первого подслоя и толщина второго подслоя одного из чувствительных элементов значительно отличаются от толщины
первого подслоя и второго подслоя другого чувствительного элемента
соответственно.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что высокочувствительный к аналиту

подслой по меньшей мере одного из чувствительных элементов содержит материал, содержащий полимер с заданной микропористостью.

15. Способ по п.11, отличающийся тем, что матрицу используют в сочетании со средством индивидуальной защиты органов дыхания.

5

10

15

20

25

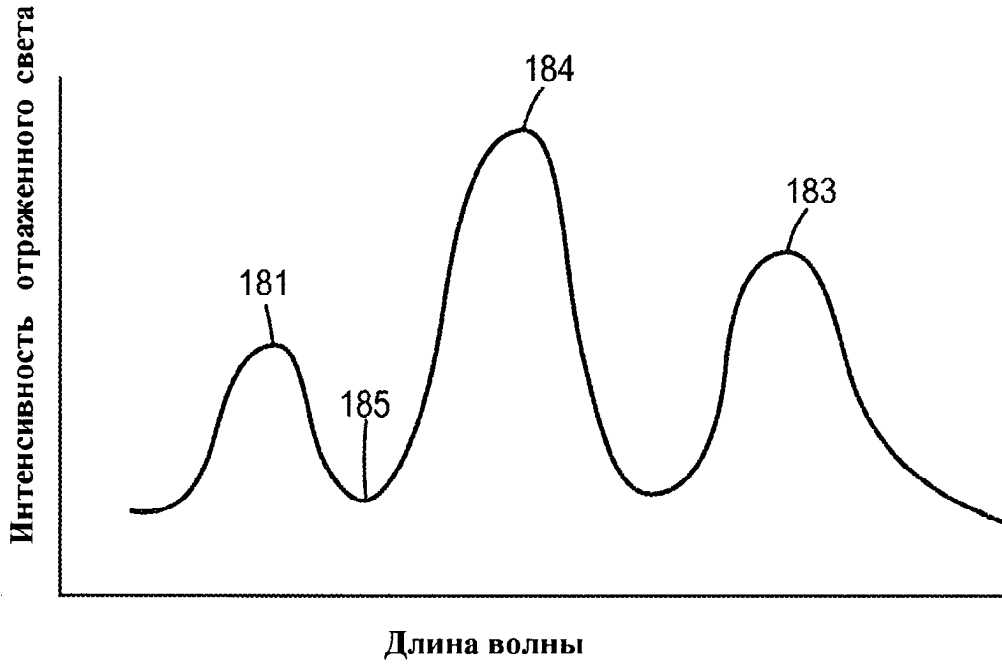
30

35

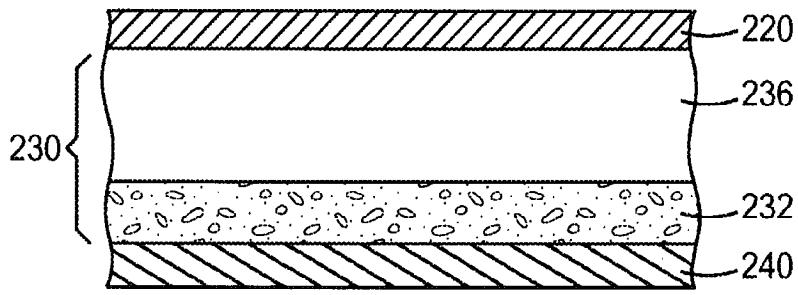
40

45

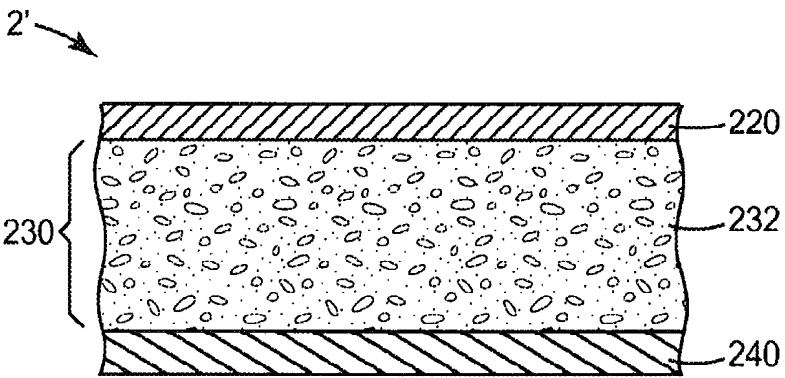
50



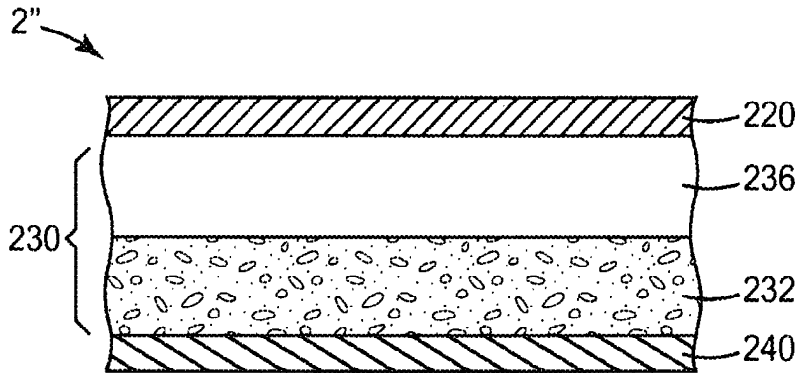
Фиг. 2



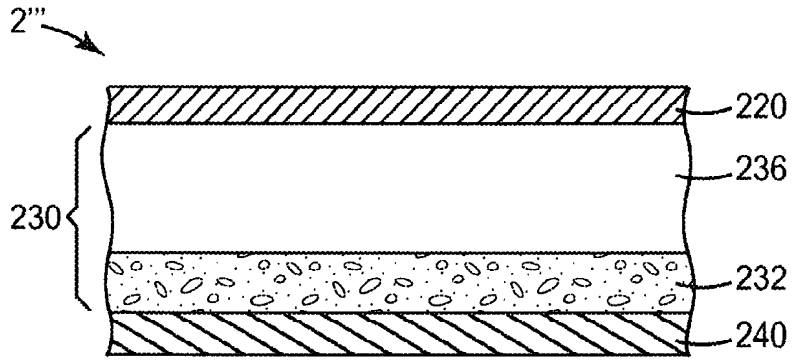
Фиг. 3



Фиг. 4а



Фиг. 4б

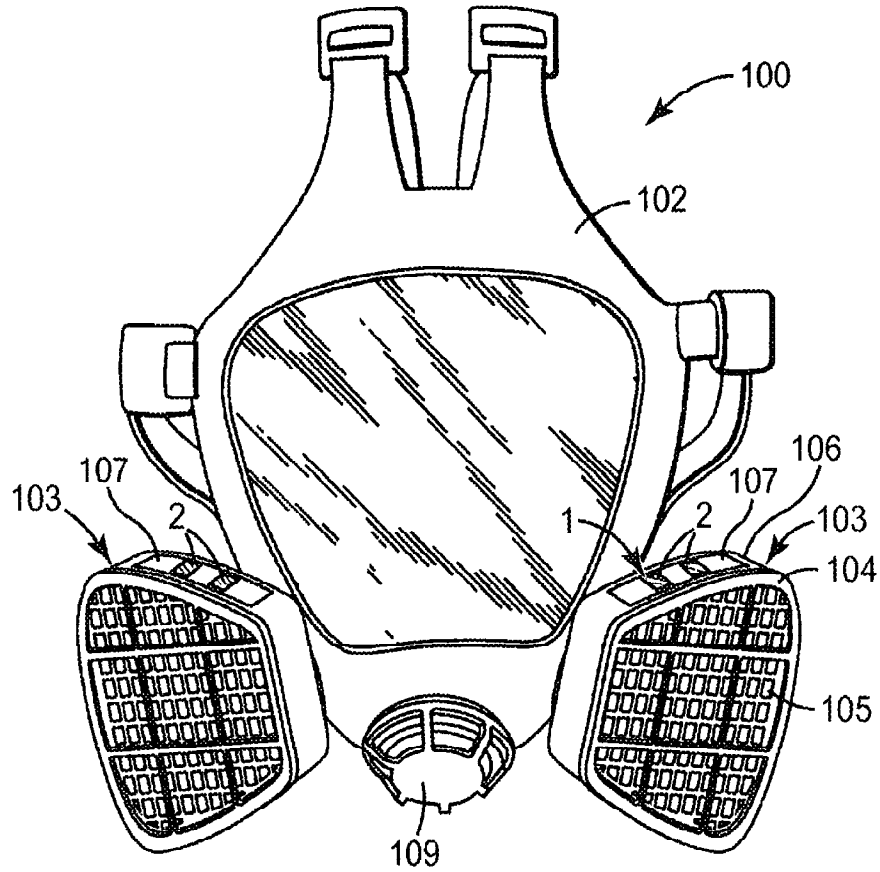


Фиг. 4с

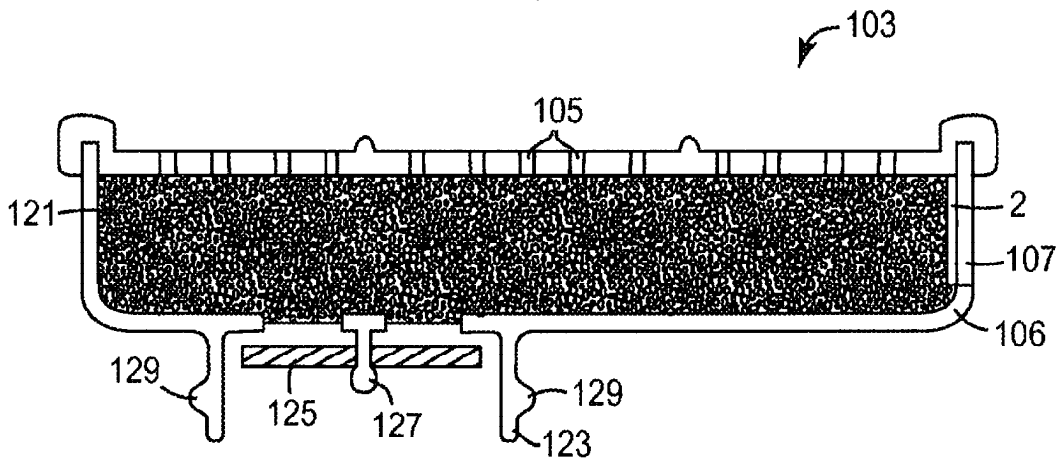
<u>Концентрация аналита</u>	<u>Первый датчик 2'</u>	<u>Второй датчик 2''</u>
Отсутствует		
Низкая		
Средняя		
Высокая		

= состояние 1 = состояние 2

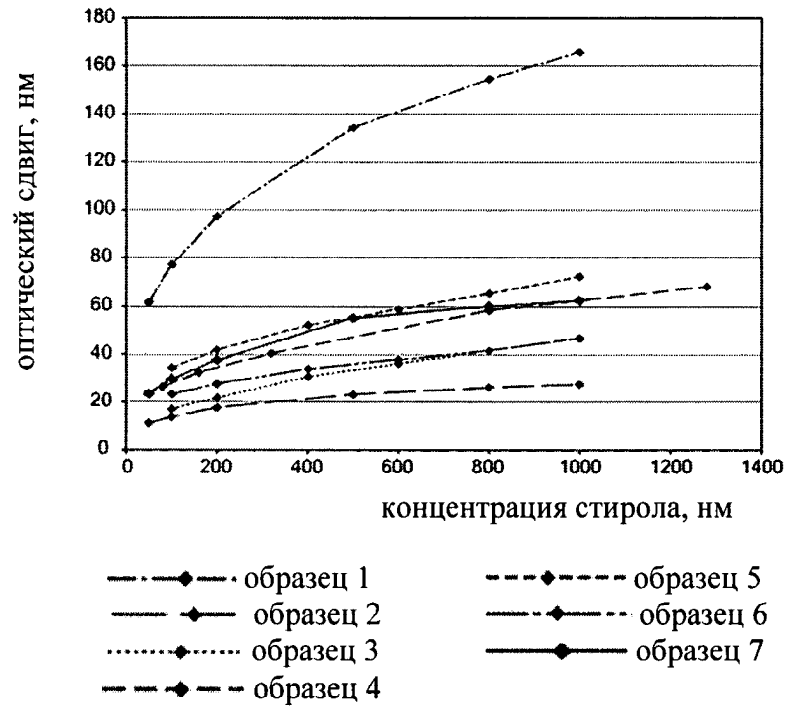
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8