



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011149232/28, 02.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.06.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
05.06.2009 US 61/184,596

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2013 Бюл. № 20

(45) Опубликовано: 10.05.2015 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2008/0221806 A1, 11.09.2008. US 6362005 B1, 26.05.2002. US 2008/0231849 A1, 25.09.2008. US 2006/0036138 A1, 16.02.2006. US 2007/0086920 A1, 19.04.2007. US 2003/0040120 A1, 27.02.2003. US 2008/0220984 A1, 11.09.2008. US 2005/0034985 A1, 17.02.2005. US 5958214, 28.09.1999

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 10.01.2012

(86) Заявка РСТ:  
US 2010/037101 (02.06.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2010/141610 (09.12.2010)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Большая Спасская, д. 25,  
строение 3, "Городисский и партнеры"

(72) Автор(ы):

ТАО Нунцзянь (US),  
ФОРСАНИ Эрика (US),  
ИГЛЕСИАС Родриго (US)

(73) Патентообладатель(и):

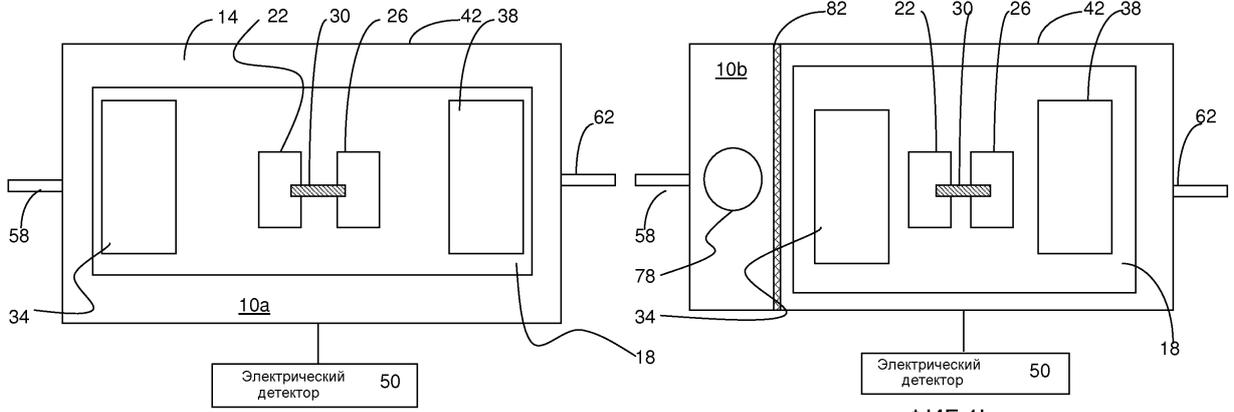
АРИЗОНА БОРД ОФ РИДЖЕНТС  
ЭКТИНГ ФОР ЭНД ОН БИХАФ ОФ  
АРИЗОНА СТЕЙТ ЮНИВЕРСИТИ (US)

**(54) КОМБИНИРОВАННЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ОКСИДОВ АЗОТА В ГАЗООБРАЗНЫХ ПРОБАХ**

(57) Реферат:

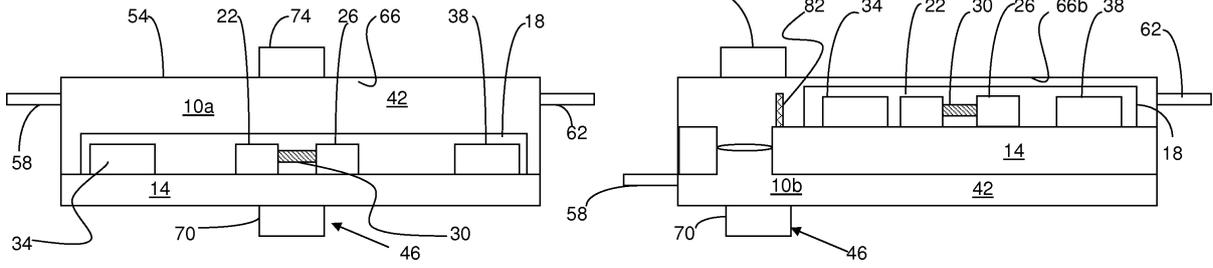
Использование: для химических датчиков. Сущность изобретения заключается в том, что датчик обнаружения оксидов азота содержит подложку, включающую пористую мембрану, соединение ароматических аминов, систему протока газа, оптическую систему обнаружения для приема переданного света от соединения ароматических аминов для обнаружения оптических изменений соединения ароматических

аминов, причем соединение ароматических аминов содержит соединение, выбранное из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов и 1,2-диаминобензола. Технический результат: обеспечение возможности увеличения надежности обнаружения оксидов азота. 6 н. и 33 з.п. ф-лы, 8 ил.



ФИГ.1а

ФИГ.1б



ФИГ.1с

ФИГ.1д



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011149232/28, 02.06.2010

(24) Effective date for property rights:  
02.06.2010

Priority:

(30) Convention priority:  
05.06.2009 US 61/184,596

(43) Application published: 20.07.2013 Bull. № 20

(45) Date of publication: 10.05.2015 Bull. № 13

(85) Commencement of national phase: 10.01.2012

(86) PCT application:  
US 2010/037101 (02.06.2010)

(87) PCT publication:  
WO 2010/141610 (09.12.2010)

Mail address:

129090, Moskva, ul. Bol'shaja Spasskaja, d. 25,  
stroenie 3, "Gorodisskij i partnery"

(72) Inventor(s):

**TAO Nuntszjan' (US),  
FORSANI Ehrika (US),  
IGLESIAS Rodrigo (US)**

(73) Proprietor(s):

**ARIZONA BORD OF RIDZhENTS EhKTING  
FOR EhND ON BIKhAF OF ARIZONA STEJT  
JuNIVERSITI (US)**

(54) **COMBINED OPTOELECTROCHEMICAL SENSOR OF NITROGEN OXIDES IN GASEOUS SAMPLES**

(57) Abstract:

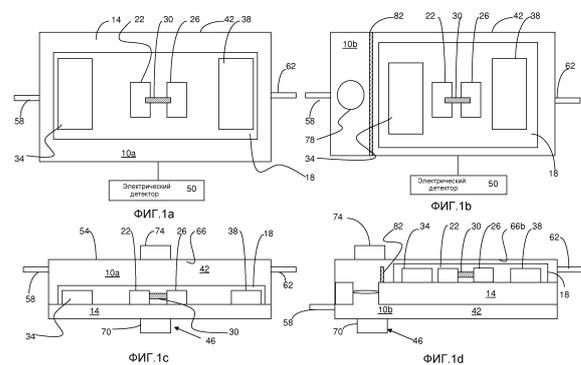
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: scope of application: for chemical sensors. Essence of the invention consists in the fact that a sensor for detection of nitrogen oxides includes a substrate including a porous membrane, a compound of aromatic amines, a gas passage system, an optic detection system for receiving the transmitted light from the compound of aromatic amines for detection of optical changes in the compound of aromatic amines; with that, the compound of aromatic amines includes a compound chosen from a group consisting of aromatic monoamines, derivatives of aromatic monoamines and 1,2-diaminobenzene.

EFFECT: providing a possibility of improving

reliability of nitrogen oxide detection.

39 cl, 8 dwg



RU 2 549 912 C2

RU 2 549 912 C2

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение имеет отношение к химическим датчикам и, в частности, к системам и способам комбинированного электрохимического, электрического и/или оптического обнаружения.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Оксиды азота (NO<sub>x</sub>) представляют собой существенные загрязнители окружающей среды. Их уровни в выдыхаемом воздухе также являются ключевыми биомаркерами заболеваний, таких как астма. Существующие способы и приборы могут обнаруживать неизвестные анализируемые вещества, но они обычно медленны, дороги и/или громоздки. Миниатюрные датчики и способы обычно не имеют достаточной чувствительности, избирательности и/или достоверности; и могут быть в существенной степени недостаточными для обнаружения одного или нескольких анализируемых веществ в сложных смесях, таких как окружающий воздух или выдыхаемый воздух.

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее раскрытие включает в себя химические датчики и способы обнаружения оксидов азота, основанные на одном или обоих из двух принципов обнаружения, оптических и электрохимических, которые могут быть объединены, для улучшения избирательности и достоверности.

Представленные измерительные приборы способны обнаруживать оксиды азота через интеграцию двух разных принципов: электрохимического и оптического, способны достигать низких пределов обнаружения в миллиардные (ppbV) и миллионные (ppmV) доли на единицу объема соответственно. Представленные приборы предусматривают различные возможности для настройки системы для улучшения избирательности.

Преимущества представленных вариантов воплощения датчиков и способов могут включать в себя: улучшенную избирательность и достоверность относительно предшествующих приборов, основанных на одном способе обнаружения; обнаружение анализируемого вещества в реальном времени; высокую возможность и/или пригодность для интеграции в другие приборы, такие как портативные устройства (например, с производственными процессами с высокой пропускной способностью); улучшенную посредством уменьшения ложноположительных и ложноотрицательных откликов достоверность результатов; и/или одновременное обнаружение специфических газов для экологических или биомедицинских целей.

Представленные датчики могут использоваться не только при экологическом контроле, но также и в качестве приборов для не инвазивной медицинской диагностики и управления при астме и других болезнях. Представленные датчики и/или способы, например, могут быть выполнены и/или использованы для лабораторных аналитических приборов, переносных или портативных химических датчиков и задач и т.п.

Варианты воплощения представленных датчиков включают в себя интегрированные датчики или сенсорные приборы, которые могут выполнять независимое или совместное электрохимическое и/или оптическое обнаружение азота и продуктов его реакции. Варианты воплощения представленных датчиков и способов интегрируют электрохимические и/или оптические принципы обнаружения в единый прибор для обнаружения оксидов азота и могут, таким образом, показать улучшенную избирательность и достоверность. Представленные датчики могут быть выполнены таким образом, чтобы, например, получать совместный оптоэлектрохимический сигнал и/или получать независимые оптические и электрохимические сигналы. Одновременное обнаружение оксидов азота может быть достигнуто посредством применения двух или

более чувствительных элементов (например, в одной и той же ячейке или в различных ячейках, которые могут быть разделены фильтрующей вставкой). Чувствительные элементы могут содержать или быть заполнены окислительно-восстановительными (редокс) красителями, ароматическими диаминами и/или определителями координационного комплекса.

Некоторые варианты воплощения представленных датчиков содержат: соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке; систему протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; и оптическую систему обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов. В некоторых вариантах воплощения подложка содержит по меньшей мере один материал, выбранный из группы, состоящей из: целлюлозы, производных целлюлозы, стекла, пластмассы, металлической сетки, цеолитов, частиц кварца и частиц глинозема.

В некоторых вариантах воплощения подложка содержит пористую мембрану, причем соединение ряда ароматических аминов внедрено в пористую мембрану. В некоторых вариантах воплощения пористая мембрана содержит целлюлозную/полиэфирную мембрану, которая включает в себя частицы глинозема. В некоторых вариантах воплощения пористая мембрана определяет чувствительную область, в которой ароматический амин удерживается посредством материала пористой мембраны. В некоторых вариантах воплощения материал содержит полидиметилсилоксан.

В некоторых вариантах воплощения соединение ряда ароматических аминов содержит по меньшей мере одно соединение, выбранное из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола, производных ароматических диаминов, нафтилендиаминов и производных нафтилендиаминов.

В некоторых вариантах воплощения система протока газа содержит входную и выходную трубки. В некоторых вариантах воплощения система протока газа содержит фильтр. В некоторых вариантах воплощения оптическая система обнаружения содержит источник света и оптический детектор. В некоторых вариантах воплощения источник света и оптический детектор расположены на одной стороне подложки.

В некоторых вариантах воплощения подложка содержит пористую мембрану. В некоторых вариантах воплощения источник света расположен на одной стороне пористой мембраны, а оптический детектор расположен на противоположной от источника света стороне пористой мембраны.

В некоторых вариантах воплощения оптическая система обнаружения содержит световод. В некоторых вариантах воплощения источник света содержит светодиод (LED). В некоторых вариантах воплощения оптический детектор содержит камеру на базе прибора с зарядовой связью (CCD). В некоторых вариантах воплощения оптический детектор представляет собой камеру на базе комплементарного металлооксидного полупроводника (CMOS).

Некоторые варианты воплощения настоящих датчиков содержат: второй электрод, присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; переключку, присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит, присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота; противозлектрод, присоединенный к подложке; электрод сравнения, присоединенный к подложке; систему протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; и электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из:

первого электрода, второго электрода, противоэлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать электрические изменения в перемычке.

5 В некоторых вариантах воплощения перемычка содержит проводниковый или полупроводниковый материал. В некоторых вариантах воплощения проводниковый или полупроводниковый материал содержит один или более из материалов, выбранных из группы, состоящей из: оксидов металлов, производных оксидов металлов, полипирролов, производных полипирролов, полианилинов, производных полианилинов, политиофенов, производных политиофенов и поли-3,4-этилендиокситиофена.

10 В некоторых вариантах воплощения электролит содержит ионную жидкость или растворитель с низким давлением насыщенных паров, содержащий электролит. В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора находится на электроде сравнения. В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора находится в электролите. В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора  
15 содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола, производных ароматических диаминов, нафтилендиаминов, производных нафтилендиаминов, гемопротеинов, гемопептидов, металлофталоцианинов, производных металлофталоцианинов, металлопорфиринов,  
20 производных металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов двухвалентного железа.

В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора находится на электроде сравнения, причем рабочее вещество детектора содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: серебра, ароматических моноаминов,  
25 производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола, производных ароматических диаминов, нафтилендиаминов, производных нафтилендиаминов, гемопротеинов, гемопептидов, металлофталоцианинов, производных металлофталоцианинов, металлопорфиринов, производных металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов  
30 двухвалентного железа.

В некоторых вариантах воплощения система протока газа содержит входную и выходную трубки. В некоторых вариантах воплощения система протока газа содержит фильтр.

В некоторых вариантах воплощения электрический детектор выполнен с  
35 возможностью регулировать и измерять одно или более электрических изменений одного или более присоединенных электродов. В некоторых вариантах воплощения электрический детектор присоединен к первому электроду и выполнен с возможностью создавать малые возмущения потенциала. В некоторых вариантах воплощения электрический детектор содержит бипотенциостат. В некоторых вариантах воплощения  
40 электрический детектор присоединен к первому электроду, второму электроду и электроду сравнения, и электрический детектор выполнен с возможностью измерять одно или более электрических изменений и/или свойств, выбранных из группы, состоящей из сдвига потенциала, проводимости и электрического тока.

В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора вмешано в  
45 электролит, а датчик выполнен таким образом, что если один или более оксидов азота будет введен в электролит, то рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более оксидов азота, и одно или более электрическое изменение может быть измерено одновременно с химической реакцией.

В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора находится на электроде сравнения, а датчик выполнен таким образом, что если один или более оксидов азота будет подведен к электроду сравнения, то рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более оксидов азота, и одно или более электрическое изменение может быть измерено одновременно с химической реакцией.

Некоторые варианты воплощения настоящих датчиков содержат: подложку; соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке; первый электрод, присоединенный к подложке; второй электрод, присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; переключку, присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит, присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота; противоэлектрод, присоединенный к подложке; электрод сравнения, присоединенный к подложке; систему протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; оптическую систему обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения в соединении ряда ароматических аминов; и электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противоэлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать одно или более электрических изменений в переключке.

Некоторые варианты воплощения настоящих способов содержат этапы, на которых: обеспечивают датчик (датчик содержит: подложку; соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке; и оптическую систему обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения в соединении ряда ароматических аминов); направляют образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с соединением ряда ароматических аминов, присоединенным к подложке; обнаруживают продукт химической реакции; обнаруживают с помощью оптической системы обнаружения оптическое изменение соединения ряда ароматических аминов; и обнаруживают по меньшей мере один оксид азота из оптического изменения.

В некоторых вариантах воплощения подложка содержит пористую мембрану, соединение ряда ароматических аминов внедрено в пористую мембрану, и направление образца содержит этап, на котором направляют образец таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с пористой мембраной. В некоторых вариантах воплощения направление образца содержит этап, на котором направляют образец через пористую мембрану. В некоторых вариантах воплощения оптическая система обнаружения датчика содержит источник света и оптический детектор, причем обнаружение с помощью оптической системы обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от источника света с одной стороны пористой мембраны через пористую мембрану и принимают по меньшей мере часть пропущенного света с помощью оптического детектора на противоположной стороне пористой мембраны.

В некоторых вариантах воплощения оптическая система обнаружения датчика содержит источник света и оптический детектор, причем обнаружение с помощью оптической системы обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от источника света с одной стороны пористой мембраны таким образом, что по меньшей мере часть света отражается пористой мембраной, и принимают по меньшей мере часть отраженного света с помощью оптического детектора с той же самой стороны пористой

мембраны. В некоторых вариантах воплощения оптическая система обнаружения датчика содержит источник света и оптический детектор, причем оптический детектор выполнен с возможностью принимать свет через световод.

5 Некоторые варианты воплощения настоящих способов содержат этапы, на которых: обеспечивают датчик (датчик содержит: первый электрод, присоединенный к подложке; второй электрод, присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; переключку, присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит, присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к  
10 оксидам азота; противозлектрод, присоединенный к подложке; электрод сравнения, присоединенный к подложке, и электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противозлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать электрические изменения в переключке); направляют образец, содержащий по меньшей  
15 мере один оксид азота, таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с рабочим веществом детектора, присоединенным к подложке; обнаруживают продукт химической реакции; обнаруживают с помощью электрического детектора электрическое изменение переключки; и обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по  
20 электрическому изменению.

В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора помещено в электролит таким образом, что продукт реакции образуется в электролите. В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора помещено на электрод сравнения таким образом, что продукт реакции образуется на электроде сравнения.

25 Некоторые варианты воплощения настоящих способов содержат этапы, на которых: обеспечивают датчик (датчик содержит: подложку; соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке; первый электрод, присоединенный к подложке; второй электрод, присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; переключку, присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит, присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке,  
30 рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота; противозлектрод, присоединенный к подложке; электрод сравнения, присоединенный к подложке; систему протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; оптическую систему обнаружения, выполненную с возможностью  
35 обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов; и электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противозлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать одно или более электрических изменений в переключке); направляют образец, содержащий по меньшей  
40 мере один оксид азота, таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с соединением ряда ароматических аминов и рабочим веществом детектора; обнаруживают продукт по меньшей мере одной из химических реакций; обнаруживают с помощью оптической системы обнаружения оптическое изменение соединения ряда  
45 ароматических аминов; обнаруживают с помощью электрического детектора электрическое изменение переключки; и обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по меньшей мере по одному изменению из оптического изменения и электрического изменения.

Любой вариант воплощения любого из представленных способов может состоять или в существенной степени состоять из любых из описанных этапов, элементов и/или признаков, а не содержать/включать в себя/вмещать/иметь их. Таким образом, в любом из пунктов формулы изобретения термин "состоящий из" или "в существенной степени состоящий из" может заменить любой из перечисленных выше глаголов, обозначающих неограниченное присоединение, для изменения объема данного пункта формулы изобретения относительно того, который в ином случае был бы с использованием глаголов, обозначающих неограниченное присоединение. Подробные сведения, относящиеся к описанным выше и другим вариантам воплощения, представлены ниже.

#### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

Следующие чертежи служат иллюстрацией в качестве примера и не являются ограничением. Ради краткости и ясности каждый признак заданной структуры не всегда указывается на каждом чертеже, на котором эта структура появляется. Одинаковые номера для ссылок необязательно указывают на идентичную структуру. Тот же самый номер для ссылок может быть использован для указания на аналогичный признак или признак с аналогичной функциональностью, как и не идентичный номер для ссылок.

Фиг. 1a-1d - схематические представления двух вариантов воплощения представленных датчиков: фиг. 1a и фиг. 1c показывают вариант воплощения 1, и фиг. 1b и фиг. 1d показывают вариант воплощения 2.

Фиг. 2 - спектры, соответствующие формированию продукта реакции во время реакции оксидов азота с 1,2-диаминобензолом (PDA), растворенным в ацетонитриле. Скорость барботирования = 20 мл/мин. Концентрация NO<sub>x</sub> (CNOX) = 0,50 ppmV, концентрация PDA = 5 ммоль. Спектры снимались каждые 2 минуты.

Фиг. 3 - изменение интенсивности красного, зеленого и синего (RGB), вызванное реакцией между оксидами азота и 1,2-диаминобензолом в твердой фазе. Расход = 200 мл/мин. Концентрация NO<sub>x</sub> = 0,20 ppmV (1); концентрация NO<sub>x</sub> = 2,00 ppmV (2); концентрация NO<sub>x</sub> = 69,0 ppmV (3).

Фиг. 4 - сдвиг потенциала тока исток-сток ( $I_{sd}$ ) как следствие разделения оксидов азота в слое жидкого ионного электролита.

Фиг. 5 - калибровочный график. Сдвиг потенциала тока исток-сток ( $I_{sd}$ ) при половине максимального тока ( $V/2$ ) как функция концентрации диоксида азота в газовой фазе.

#### **ОПИСАНИЕ ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ВОПЛОЩЕНИЯ**

Термин "соединенный" определяется как "связанный", хотя необязательно непосредственно и необязательно механически; два элемента, которые "соединены", могут представлять собой неотъемлемую часть друг друга. Употребление единственного числа определяется как обозначающее "один или более", если описание явно не требует обратного. Термины "в значительной степени", "приблизительно" и "примерно" определяются как "в значительной степени, но необязательно полностью то, что указано", как понятно специалисту в области техники. Термины "содержать" (и любая форма глагола "содержать", такая как "содержит" и "содержащий"), "иметь" (и любая форма глагола "иметь", такая как "имеет" и "имеющий"), "включать в себя" (и любая форма глагола "включать в себя", такая как "включает в себя" и "включающий в себя") и "вмещать в себя" (и любая форма глагола "вмещать в себя", такая как "вмещает в себя" и "вмещающий в себя") представляют собой глаголы, обозначающие неограниченное присоединение. В результате система, которая "содержит", "имеет", "включает в себя" или "вмещает в себя" один или более элементов, обладает этим одним или более элементами, но не ограничена обладанием только этими элементами. Аналогичным образом, способ, который "содержит", "имеет", "включает в себя" или

"вмещает в себя" один или более этапов, обладает этим одним или более этапами, но не ограничен обладанием только этим одним или более этапами (например, может обладать дополнительными этапами).

Кроме того, устройство или структура, которая выполнена некоторым образом, выполнена по меньшей мере этим образом, но она также может быть выполнена и другим образом, нежели этим конкретно описанным. На чертежах, и более конкретно на фиг. 1a-1d, показаны два варианта воплощения представленных датчиков. Фиг. 1a и фиг. 1c изображают вид сверху и поперечный разрез первого варианта 10a воплощения оптоэлектрического датчика. Фиг. 1b и фиг. 1d изображают вид сверху и поперечный разрез второго варианта 10b воплощения оптоэлектрического датчика. Аналогичные для вариантов 10a и 10b воплощения элементы помечаются аналогичными номерами для ссылок; однако следует понимать, что такие элементы необязательно идентичны для этих двух вариантов воплощения и вместо этого могут различаться по положению и/или конфигурации.

Датчик 10a содержит подложку 14, электролит 18, присоединенный к подложке; химический зонд (например, соединение ряда ароматических аминов), присоединенный к подложке (например, вмешанный или внедренный в электролит и присоединенный к подложке посредством электролита); два (первый и второй) рабочих электрода (WE1 и WE2) 22 и 26, присоединенных к подложке и удаленных один от другого (например, первый электрод 22 и второй электрод 26, удаленный от первого электрода 22), переключку 30, присоединяющую первый электрод 22 ко второму электроду 26; и рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке (например, вмешанное или внедренное в электролит и присоединенное к подложке посредством электролита). В различных вариантах воплощения рабочее вещество детектора может быть выполнено с возможностью быть чувствительным по меньшей мере к одному оксиду азота.

Подложка может, например, содержать любой подходящий материал и может быть непрозрачной, полупрозрачной и/или прозрачной. В некоторых вариантах воплощения подложка содержит по меньшей мере один материал, выбранный из группы, состоящей из: целлюлозы, производных целлюлозы, стекла, пластмассы, металлической сетки, цеолитов, частиц кварца, золя-геля и частиц глинозема. Электролит может быть жидким, твердым или полутвердым, таким как, например, ионная жидкость, растворитель с низким давлением насыщенных паров, содержащий электролит, и т.п. Ионные жидкости могут обеспечивать тепловую стабильность и стабильность срока службы, селективность к анализируемым веществам и способность к преконцентрированию. Химический зонд или соединение ряда ароматических аминов могут быть выполнены с возможностью изменять цвет и/или вызывать изменение цвета в электролите или вместе с электролитом в присутствии анализируемого вещества, такого как, например, диоксид азота и т.п. (например, если газообразный образец, содержащий соответствующее анализируемое вещество, приведен в жидкостную связь с подложкой (например, в жидкостную связь с соединением ряда ароматических аминов, например, через электролит). В некоторых вариантах воплощения соединение ряда ароматических аминов содержит по меньшей мере одно соединение, выбранное из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола, производных ароматических диаминов, нафтилендиаминов и производных нафтилендиаминов.

Рабочее вещество детектора, например, может содержать один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола,

производных ароматических диаминов, нафтилендиаминов, производных нафтилендиаминов, гемопротеинов, гемопептидов, металлофталоцианинов, производных металлофталоцианинов, металлопорфиринов, производных металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов двухвалентного железа.

5 Перемычка 30 может содержать, например, один или более проводниковых или полупроводниковых материалов. В некоторых вариантах воплощения, например, один или более проводниковых или полупроводниковых материалов выбран из группы, состоящей из: оксидов металлов, производных оксидов металлов, полипирролов, производных полипирролов, полианилинов, производных полианилинов, политиофенов, 10 производных политиофенов и поли-3,4-этилендиокситиофена. В вариантах воплощения, в которых рабочее вещество детектора вмешано или внедрено в электролит, датчик может быть выполнен таким образом, что если один или более (например, один, два, три, четыре, пять, шесть, семь, восемь, девять, десять или больше) оксидов азота введены в электролит (например, в газе, который приведен в жидкостную связь с электролитом), 15 то рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более (например, одним, двумя, тремя, четырьмя, пятью, шестью, семью, восемью, девятью, десятью или больше) оксидами азота, и одно или более электрических свойств и/или изменений (например, перемычки 30) могут быть измерены одновременно с химической реакцией.

20 Датчик 10а, кроме того, содержит противоэлектрод 34, присоединенный к подложке; электрод 38 сравнения, присоединенный к подложке; систему 42 протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; оптическую систему 46 обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов; и электрический детектор 50, присоединенный по меньшей мере 25 к двум (например, двум или более, вплоть до всех) из: первого электрода 22, второго электрода 26, противоэлектрода 34 и электрода 38 сравнения. Электрический детектор 50 выполнен с возможностью обнаруживать одно или более электрических изменений в перемычке 30 (например, присоединен к первому электроду 22 и/или второму электроду 26 таким образом, что электрический детектор 50 находится в электрическом 30 взаимодействии с перемычкой 30 через первый электрод 22 и/или второй электрод 26).

В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора, находится на электроде 38 сравнения (например, присоединено к подложке посредством электрода 38 сравнения). В варианте воплощения, в котором рабочее вещество детектора находится на электроде сравнения, рабочее вещество детектора, например, может содержать один 35 или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: серебра, ароматических моноаминов/ производных ароматических моноаминов, ароматических диаминов, 1,2-диаминобензола, производных ароматических диаминов, - нафтилендиаминов, производных нафтилендиаминов, гемопротеинов, гемопептидов, металлофталоцианинов, производных металлофталоцианинов, металлопорфиринов, производных 40 металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов двухвалентного железа. В вариантах воплощения, в которых рабочее вещество детектора находится на электроде сравнения, датчик может быть выполнен таким образом, что если один или более оксидов азота будут подведены к электроду сравнения (например, в газе, который приведен в жидкостную связь с электродом, направлен вокруг электрода 45 или приведен в контакт с электродом), рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более оксидов азота, и одно или более электрических свойств и/или изменений (например, перемычки 30) могут быть измерены одновременно с химической реакцией.

Система 42 протока газа содержит корпус 54, имеющий входную трубку 58 и выходную трубку 62. Корпус 54 объединяется с подложкой 14, чтобы образовать камеру 66 для образца, через которую газ или жидкий образец может проходить или быть приведен в жидкостную связь с подложкой (например, с электролитом и/или соединением ряда ароматических аминов). Таким образом, система 42 протока газа находится в жидкостной связи с подложкой (например, газ или другая текучая среда, помещенные в систему 42 и/или текущие через нее, могут быть приведены в жидкостную связь с подложкой и любыми материалами на подложке, такими как, например, электролит, химический зонд и т.п.).

Первый и второй рабочие электроды (WE1 и WE2) 22 и 26 и переключатель образуют проводящий переход (например, проводящий полимерный переход), и электрический детектор 50 выполнен с возможностью измерять одно или более электрических изменений (например, проводимость, сдвиг электрохимического потенциала и т.п.) в переключателе 30. В некоторых вариантах воплощения электрический детектор 50 выполнен с возможностью управлять и/или измерять одно или более электрических свойств и/или изменений. Например, в некоторых вариантах воплощения электрический детектор содержит потенциостат (например, бипотенциостат), который выполнен с возможностью управлять потенциалами первого и второго электродов 22 и 26 относительно электрода 38 сравнения таким образом, что току можно позволить течь между рабочими электродами 22 и 26 и противэлектродом 34. В некоторых вариантах воплощения электрический детектор выполнен с возможностью создавать малые возмущения потенциала.

Как отмечено выше, оптическая система 46 обнаружения выполнена с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов (например, оптические изменения в электролите вследствие химической реакции анализируемого вещества с соединением ряда ароматических аминов), такие как, например, на первом электроде 22 и/или около него, на втором электроде 26 и/или около него и/или на переходе 30 и/или около него. Оптическая система 46 обнаружения содержит источник 70 света и оптический детектор 74 (фотодетектор или камеру). В показанном варианте воплощения источник 70 света находится на одной стороне подложки, и оптический детектор 74 находится на противоположной стороне подложки, таким образом, что если источник 70 света активирован, чтобы излучать или иным образом обеспечивать свет, по меньшей мере часть света пройдет или будет передана через подложку и будет принята или обнаружена оптическим детектором 74 на противоположной стороне подложки. Это можно считать "пропускательной конфигурацией", в которой свет проходит через подложку. В других вариантах воплощения оптическая система обнаружения может иметь "отражательную конфигурацию", в которой источник света и оптический детектор находятся на одной и той же стороне подложки, и, таким образом, если источник света активирован для обеспечения света, по меньшей мере некоторая часть (вплоть до всего) света будет отражена от подложки и принята оптическим детектором на той же самой стороне подложки. В некоторых вариантах воплощения система 46 обнаружения света содержит один или более световодов (не показаны), которые, например, могут быть интегрированы в источник света и/или оптический детектор.

Источник света может содержать любой подходящий источник света, такой как, например, источник белого света, светодиод (LED) и т.п. В некоторых вариантах воплощения может быть желательно, чтобы источник света имел излучение (обеспечивал свет) в некоторой области видимого спектра, как, например, LED с известным

спектральным распределением или широкополосный источник света, соединенный с полосовыми фильтрами для того, чтобы давать более узкую полосу излучения, с тем чтобы избирательность оптического обнаружения датчика могла быть улучшена.

5 Оптический детектор может содержать: камеру на базе прибора с зарядовой связью (CCD), камеру на базе комплементарного металлооксидного полупроводника (CMOS) и т.п. В некоторых вариантах воплощения веб-камера или скорректированные фильтром массивы фотодиодов могут быть эффективны для увеличения и/или подбора избирательности, которая может быть обеспечена или разрешена посредством источника света с узким спектром или со спектром с управляемым диапазоном.

10 Переход 30 содержит проводящий или полупроводящий материал (например, полимер, металл и т.п.), внесенный и/или размещенный между первым электродом 22 и вторым электродом 26, чтобы сформировать мостик проводимости между первым и вторым электродами 22 и 26. Переход 30 выполнен с возможностью быть использованным в конфигурации электрохимического транзистора, в которой первый и второй электроды 22 и 26 представляют собой истоковый и стоковый электроды, и потенциал затвора ( $V_g$ ) приложен через электрод 38 сравнения вместе с противозлектродом 34 и электрическим детектором 50 (например, потенциостатом). Электрический детектор (и/или система обнаружения) выполнен с возможностью контролировать и/или разрешать пользователю контролировать ток исток-сток ( $I_{sd}$ ), например, с напряжением смещения ( $V_{bias}$ ) между первым и вторым электродами 22 и 20 36 при различных величинах  $V_g$  потенциала затвора.

Когда оксиды азота растворены в электролите (например, посредством газообразного или жидкого образца в жидкостной связи с электролитом), любое изменение 25 проводимости (уровне легирования) проводящего полимерного перехода или изменение электрохимического потенциала в электролите 18 и электроде 38 сравнения может быть вызвано непосредственно анализируемым веществом или продуктами реакции. Кроме того, оптические изменения (например, изменения цвета) могут быть зафиксированы или зарегистрированы с использованием источника света и фотодетектора, как описано 30 выше.

Как показано на фиг. 1b, датчик 10b подобен в некотором отношении датчику 10a. Например, датчик 10b содержит: подложку 14; соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке 14; систему 42 протока газа в жидкостной связи с подложкой 14; и оптическую систему 46 обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать 35 оптические изменения соединения ряда ароматических аминов. Однако датчик 10b содержит пористую мембрану 78, и соединение ряда ароматических аминов (или описанный выше зонд) может быть внедрено в пористую мембрану 78, которая может называться чувствительной областью (например, оптически чувствительной областью). В некоторых вариантах воплощения пористая мембрана 78 частично (или полностью) насыщается соединением ряда ароматических аминов. Пористая мембрана 78, например, может содержать целлюлозную/полиэфирную мембрану (которая, например, может включать в себя частицы глинозема для предания жесткости и т.п.). В некоторых вариантах воплощения ароматический амин привязан к чувствительной области 40 материалом (например, полидиметилсилоксаном). Как показано, датчик 10b также содержит оптическую систему 46 обнаружения, имеющую источник 70 света, расположенный на одной стороне пористой мембраны, и оптический детектор 74, расположенный на противоположной от источника света стороне пористой мембраны.

Датчик 10b также содержит: первый электрод 22, присоединенный к подложке;

второй электрод 26, присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; переключку 30, присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит 18, присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке и выполненное с возможностью быть чувствительным к оксидам азота; противозлектрод 34, присоединенный к подложке; электрод 38 сравнения, присоединенный к подложке; систему 42 протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; и электрический детектор 50, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противозлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать электрические изменения в переключке.

Датчик 10b также несколько отличается тем, что система 42 протока газа содержит фильтр 82 между оптически чувствительной областью и остальной частью подложки (частями, используемыми для электрохимического обнаружения). Корпус 54 датчика 10b может образовывать полости 66a и 66b с обеих сторон подложки 14 (находящиеся в жидкостной связи друг с другом через пористую подложку 78) таким образом, что входная газовая трубка 58 входит в полость 66a и выходная газовая трубка 62 выходит из полости 66b. Таким образом, газ может быть направлен через входную трубку 58 в полость 66a, через пористую подложку 78 в полость 66b и из полости 66b через выходную газовую трубку 62. Как отмечалось выше, в вариантах воплощения представленных датчиков может иметься полость только на одной стороне подложки со входной газовой трубкой и выходной газовой трубкой, обоими на одной стороне подложки.

Разделение оптически и электрохимически чувствительных областей в датчике 10b дает возможность обнаружения и/или идентификации оксидов азота двумя независимыми способами с использованием двух различных принципов обнаружения. Таким образом, избирательность датчика 10b может быть "настроена" или улучшена посредством использования различных химических реакций для каждого из чувствительных элементов. В показанном варианте воплощения датчик 10b является комбинированным датчиком, который включает в себя и оптические, и электрохимические функции обнаружения. В других вариантах воплощения датчик может включать в себя только оптическую часть или только электрохимическую часть.

Настоящее раскрытие дополнительно включает в себя способы использования различных вариантов воплощения представленных датчиков. Например, в одном примере способа использования датчика, имеющего оптическую часть обнаружения, способ содержит этапы, на которых: обеспечивают датчик, который содержит подложку (например, 14), соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке, и оптическую систему (например, 46) обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов. Способ может дополнительно содержать этапы, на которых направляют (например, через систему 42 протока газа) образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом, чтобы он был в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с соединением ряда ароматических аминов, присоединенным к подложке; обнаруживают продукт химической реакции; обнаруживают с помощью оптической системы обнаружения оптическое изменение (например, изменение цвета, спектра отражения, спектра пропускания и т.п.) соединения ряда ароматических аминов; и обнаруживают (например, идентифицируют) по меньшей мере один оксид азота по оптическому изменению. В некоторых вариантах воплощения подложка содержит пористую мембрану (например, 78), соединение ряда ароматических аминов внедрено в пористую мембрану, и направление образца содержит этап, на

котором направляют образец таким образом, чтобы он был в жидкостной связи с пористой мембраной. В некоторых вариантах воплощения направление образца содержит этап, на котором направляют образец через пористую мембрану (например, как описано выше для датчика 10b).

5 В некоторых вариантах воплощения этого способа оптическая система обнаружения датчика содержит источник света и оптический детектор, и обнаружение оптической системой обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от источника света с одной стороны пористой мембраны через пористую мембрану и принимают по  
10 меньшей мере часть пропущенного света оптическим детектором на противоположной стороне пористой мембраны (например, как описано выше для датчика 10b). В других вариантах воплощения обнаружение оптической системой обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от источника света с одной стороны пористой мембраны таким образом, что по меньшей мере часть света отражается пористой мембраной, и оптическим детектором принимается по меньшей мере часть отраженного света на той  
15 же самой стороне пористой мембраны. В некоторых вариантах воплощения оптический детектор выполнен с возможностью принимать свет через световод.

В другом примере способа использования датчика, имеющего электрохимическую часть обнаружения, способ содержит этап, на котором обеспечивают датчик, который  
20 содержит: первый электрод (например, 22), присоединенный к подложке (например, 14); второй электрод (например, 26), присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода; перемычку (например, 30), присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит (например, 18), присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, рабочее вещество детектора выполнено чувствительным к оксидам азота; противоэлектрод (например, 34),  
25 присоединенный к подложке; электрод сравнения (например, 38), присоединенный к подложке; и электрический детектор (например, 50), присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противоэлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать электрические изменения в перемычке. Способ может дополнительно содержать этапы,  
30 на которых направляют (например, через систему 42 протока газа) образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота таким образом, чтоб он находился в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с рабочим веществом детектора, присоединенным к подложке; обнаруживают продукт химической реакции; обнаруживают электрическим детектором электрическое изменение  
35 перемычки; и обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по электрическому изменению. В некоторых вариантах воплощения рабочее вещество детектора помещено в электролит таким образом, что продукт реакции образуется в электролите. В других вариантах воплощения рабочее вещество детектора помещено в электрод сравнения таким образом, что продукт реакции образуется на электроде сравнения.

40 В другом примере способа использования комбинированного датчика, имеющего и оптическую, и электрохимическую части обнаружения, способ содержит этап, на котором обеспечивают датчик, который содержит: подложку (например, 14); соединение ряда ароматических аминов, присоединенное к подложке; первый электрод (например, 22), присоединенный к подложке; второй электрод (например, 26), присоединенный к  
45 подложке и удаленный от первого электрода; перемычку (например, 30), присоединяющую первый электрод ко второму электроду; электролит (например, 18), присоединенный к подложке; рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, рабочее вещество детектора выполнено чувствительным к оксидам азота;

противоэлектрод (например, 34), присоединенный к подложке; электрод сравнения (например, 38), присоединенный к подложке; систему (например, 42) протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой; оптическую систему (например, 46) обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ряда ароматических аминов; и электрический детектор (например, 50), присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода, второго электрода, противоэлектрода и электрода сравнения, электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать одно или более электрические изменения в перемычке. Способ может дополнительно содержать этап, на котором направляют (например, через систему 42 протока газа) образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом, чтобы он был в жидкостной связи с подложкой, с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с соединением ряда ароматических аминов и рабочим веществом детектора; обнаруживают продукт по меньшей мере одной из химических реакций; обнаруживают с помощью оптической системы обнаружения оптическое изменение соединения ряда ароматических аминов; обнаруживают с помощью электрического детектора электрическое изменение перемычки; и обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по меньшей мере по одному изменению из оптического изменения и электрического изменения.

Примеры и экспериментальные данные

1. Предел обнаружения оксидов азота (NO<sub>x</sub>) в миллиардные объемные доли (ppbV) с использованием оптического обнаружения

А. Барботирование оксидов азота через раствор 1,2-диаминобензола в ацетонитриле

Оксиды азота, растворенные в воздухе, барботировались через раствор 1,2-диаминобензола в ацетонитриле, и были получены спектры поглощения в видимой области. Когда оксиды азота, растворенные в воздухе, проходили через ацетонитриловый раствор 1,2-диаминобензола, в растворе наблюдалось формирование интенсивной окраски.

Фиг. 2 показывает соответствующие спектры поглощения в видимой области, в которых основная полоса поглощения в видимой области расположена около 700 нм с плечом на более короткой длине волны около 580 нм. Другая сильная полоса формируется на 350 нм. Высокое значение молярного коэффициента поглощения допускает обнаружение очень низких концентраций оксидов азота. Дополнительно, многополосный спектр поглощения допускает улучшение избирательности установленного датчика посредством оптимизации излучения источника света.

В. Пропускание оксидов азота через белую ткань с 1,2-диаминобензолом

Оксиды азота были пропущены через белую ткань, пропитанную 1,2-диаминобензолом: реакция между оксидами азота и 1,2-диаминобензолом также имеет место в твердой фазе без любой присадки и манипуляции рабочей средой. Когда оксиды азота были принудительно пропущены через кусок белой хлопчатобумажной ткани, пропитанной твердым 1,2-диаминобензолом, также наблюдалось формирование окраски.

Фиг. 3 показывает изменение красной, зеленой и синей (RGB) компонент белого светодиодного (LED) источника света, проходящих через кусок ткани, пропитанной твердым 1,2-диаминобензолом, во время прохождения оксидов азота. Можно отметить, что время отклика, необходимое для достижения установившегося сигнала, составляет только 60 секунд, почти независимо от концентрации оксидов азота. Предполагаемый предел обнаружения при использовании зеленой компоненты меньше чем 20 ppbV (тройной уровень шума).

2. Предел обнаружения NO<sub>x</sub> в миллиардные объемные доли с использованием

электрохимических датчиков на основе полимерных нанопереходов

Фиг. 4 показывает несколько профилей токов ( $I_{sd}$ ) исток-сток, соответствующих полимерному нанопереходу поли-3,4-этилендиокситиофена (PEDOT), электрополимеризованному между двумя золотыми микроэлектродами (WE1 и WE1) в конфигурации перехода, подобной той, которая описана выше для датчиков 10a и 10b. Изменение зависимости  $I_{sd}-V_g$  происходит, вероятно, либо вследствие изменения уровня легирования полимерного наноперехода, либо вследствие электрохимического потенциала электролита и электрода сравнения, вызванного электроокислением. Этот электрохимический эксперимент был выполнен с использованием ионной жидкости гексафторфосфат 1-бутил-3-метилимидазола ([bmim] [PF6]) в качестве электролита. Когда пары оксида азота при очень низкой концентрации (уровень миллиардных долей на единицу объема) принудительно пропускаются над слоем ионной жидкости, профиль  $I_{sd}-V_g$  начинает смещаться к более низким потенциалам затвора, который, вероятно, определяет либо изменение тока  $I_{sd}$  при заданном потенциале  $V_g$ , либо сдвиг потенциала при заданном токе  $I_{sd}$ , который демонстрирует линейную зависимость от концентрации оксида азота (фиг. 5), что должно разрешить оцениваемый предел обнаружения меньше чем 50 ppbV, и очень широкий динамический диапазон.

Все датчики и/или способы, раскрытые и заявленные здесь, могут быть сделаны и выполнены без лишнего экспериментирования в свете настоящего раскрытия. Хотя датчики и способы этого изобретения были описаны с точки зрения некоторых вариантов воплощения, для специалистов будет очевидно, что к описанным здесь датчикам, способам и этапам или последовательности этапов способа могут быть применены изменения без отступления от концепции, сущности и объема изобретения.

Различные описанные здесь иллюстративные приборы, системы и способы не предназначены для ограничения конкретными раскрытыми формами. Они включают в себя все модификации, эквиваленты и альтернативы, попадающие в объем формулы изобретения.

Формула изобретения не предполагает включение в себя и не должна интерпретироваться как включающая в себя ограничения "средство плюс функция" или "этап плюс функция", если такое ограничение не изложено явно в заданном пункте формулы изобретения с использованием фраз(ы) "средство для" или "этап для" соответственно.

#### Формула изобретения

1. Датчик обнаружения оксидов азота, содержащий: подложку (14), причем подложка (14) включает в себя пористую мембрану (78);

соединение ароматических аминов, которое является чувствительным к оксидам азота, внедренное в пористую мембрану (78);

систему (42) протока газа, включающую в себя камеру (66) для образца, через которую газ или жидкий образец может проходить или может быть приведен в жидкостную связь с подложкой (14); и

оптическую систему (46) обнаружения, размещенную для приема переданного света от соединения ароматических аминов для обнаружения оптических изменений соединения ароматических аминов, причем соединение ароматических аминов содержит по меньшей мере одно соединение, выбранное из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов и 1,2-диаминобензола.

2. Датчик по п. 1, в котором подложка (14) содержит по меньшей мере один материал,

выбранный из группы, состоящей из: целлюлозы, производных целлюлозы, стекла, пластмассы, металлической сетки, цеолитов, частиц кварца, золя-геля и частиц глинозема.

3. Датчик по п. 1, в котором пористая мембрана (78) содержит целлюлозную/полиэфирную мембрану, которая включает в себя частицы глинозема.

5 4. Датчик по п. 1, в котором пористая мембрана (78) определяет чувствительную область и в котором соединение ароматических аминов удерживается посредством материала пористой мембраны (78).

5. Датчик по п. 4, в котором материал содержит полидиметилсилоксан.

10 6. Датчик по п. 1, в котором система (42) протока газа содержит входную и выходную трубки.

7. Датчик по п. 6, в котором система (42) протока газа содержит фильтр.

8. Датчик по п. 1, в котором оптическая система (46) обнаружения содержит источник света и оптический детектор (74).

15 9. Датчик по п. 8, в котором источник света и оптический детектор (74) расположены на одной и той же стороне подложки (14).

10. Датчик по п. 8, в котором подложка (14) содержит пористую мембрану (78), и источник света расположен на одной стороне пористой мембраны (78), а оптический детектор (74) расположен на противоположной от источника света стороне пористой мембраны (78).

20 11. Датчик по п. 8, в котором оптическая система (46) обнаружения содержит световод.

12. Датчик по п. 8, в котором источник света содержит светодиод (LED).

13. Датчик по п. 8, в котором оптический детектор (74) содержит камеру на базе прибора с зарядовой связью (CCD).

25 14. Датчик по п. 8, в котором оптический детектор (74) представляет собой камеру на базе комплементарного металлооксидного полупроводника (CMOS).

15. Датчик обнаружения оксидов азота, содержащий:

первый электрод (22), присоединенный к подложке (14);

30 второй электрод (26), присоединенный к подложке (14) и удаленный от первого электрода (22);

перемычку (30), присоединяющую первый электрод (22) ко второму электроду (26); электролит, присоединенный к подложке (14);

рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке (14), при этом рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота, причем рабочее вещество детектора содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, 1,2-диаминобензола, гемопротеинов, гемопептидов, металлофталоцианинов, производных металлофталоцианинов, металлопорфиринов, производных металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов двухвалентного железа;

противоэлектрод, присоединенный к подложке (14);

электрод (38) сравнения, присоединенный к подложке (14);

систему (42) протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой (14); и

45 электрический детектор (50), присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода (22), второго электрода (26), противоэлектрода и электрода (38) сравнения, электрический детектор (50) выполнен с возможностью обнаруживать электрическое изменение в перемычке (30).

16. Датчик по п. 15, в котором перемычка (30) содержит проводниковый или

полупроводниковый материал.

17. Датчик по п. 16, в котором проводниковый или полупроводниковый материал содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: оксидов металлов, производных оксидов металлов, полипирролов, производных полипирролов, полианилинов, производных полианилинов, политиофенов, производных политиофенов и поли-3,4-этилендиокситиофена.

18. Датчик по п. 15, в котором электролит содержит ионную жидкость или растворитель с низким давлением насыщенных паров, содержащий электролит.

19. Датчик по п. 15, в котором рабочее вещество детектора находится на электроде (38) сравнения.

20. Датчик по п. 15, в котором рабочее вещество детектора находится в электролите.

21. Датчик по п. 15, в котором система (42) протока газа содержит входную и выходную трубки.

22. Датчик по п. 15, в котором система (42) протока газа содержит фильтр.

23. Датчик по п. 15, в котором электрический детектор (50) выполнен с возможностью регулировать и измерять одно или более электрических изменений одного или более присоединенных электродов.

24. Датчик по п. 23, в котором электрический детектор (50) присоединен по меньшей мере к первому электроду (22) и в котором электрический детектор (50) выполнен с возможностью создавать малые возмущения потенциала.

25. Датчик по п. 23, в котором электрический детектор (50) содержит бипотенциостат.

26. Датчик по п. 15, в котором электрический детектор (50) присоединен к первому электроду (22), второму электроду (26) и электроду (38) сравнения и в котором электрический детектор (50) выполнен с возможностью измерять одно или более электрических изменений, выбранных из группы, состоящей из сдвига потенциала, проводимости и электрического тока.

27. Датчик по п. 26, в котором рабочее вещество детектора вмешано в электролит и в котором датчик выполнен таким образом, что если один или более оксидов азота будет введен в электролит, то рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более оксидов азота, и одно или более электрические изменения могут быть измерены одновременно с химической реакцией.

28. Датчик по п. 26, в котором рабочее вещество детектора находится на электроде (38) сравнения, а датчик выполнен таким образом, что если один или более оксидов азота будут подведены к электроду (38) сравнения, то рабочее вещество детектора будет химически реагировать по меньшей мере с одним из одного или более оксидов азота, и одно или более электрических изменений могут быть измерены одновременно с химической реакцией.

29. Датчик обнаружения оксидов азота, содержащий: подложку (14);  
соединение ароматических аминов, присоединенное к подложке (14);

первый электрод (22), присоединенный к подложке (14);

второй электрод (26), присоединенный к подложке и удаленный от первого электрода (22);

перемычку (30), присоединяющую первый электрод (22) ко второму электроду (26);  
электролит, присоединенный к подложке;

рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке, причем рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота;

противоэлектрод, присоединенный к подложке;

электрод (38) сравнения, присоединенный к подложке;

систему (42) протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой;  
оптическую систему (46) обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ароматических аминов; и

5 электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из:  
первого электрода (22), второго электрода (26), противоэлектрода и электрода (38)  
сравнения, причем электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать  
одно или более электрических изменений в перемычке (30).

30. Способ обнаружения оксидов азота, содержащий этапы, на которых:

обеспечивают датчик, содержащий: подложку (14);

10 соединение ароматических аминов, присоединенное к подложке (14), причем  
соединение ароматических аминов содержит по меньшей мере одно соединение,  
выбранное из группы, состоящей из:

ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов и 1,2-  
диаминобензола; и

15 оптическую систему (46) обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать  
оптические изменения соединения ароматических аминов;

направляют образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом,  
чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой (14), с тем чтобы по меньшей  
мере один оксид азота химически реагировал с соединением ароматических аминов,

20 присоединенным к подложке (14);

обнаруживают продукт химической реакции;

обнаруживают с помощью оптической системы (46) обнаружения оптическое  
изменение соединения ароматических аминов; и

обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по оптическому изменению.

25 31. Способ по п. 30, в котором подложка (14) содержит пористую мембрану (78),  
соединение ароматических аминов внедрено в пористую мембрану (78) и направление  
образца содержит этап, на котором направляют образец таким образом, чтобы он  
находился в жидкостной связи с пористой мембраной (78).

30 32. Способ по п. 31, в котором направление образца содержит этап, в котором  
направляют образец через пористую мембрану (78).

33. Способ по п. 30, в котором оптическая система (46) обнаружения датчика содержит  
источник света и оптический детектор (74) и в котором обнаружение с помощью  
оптической системы (46) обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от  
источника света с одной стороны пористой мембраны (78) через пористую мембрану  
35 (78) и с помощью оптического детектора (74) принимают по меньшей мере часть  
пропущенного света на противоположной стороне пористой мембраны (78).

34. Способ по п. 30, в котором оптическая система (46) обнаружения датчика содержит  
источник света и оптический детектор (74) и в котором обнаружение с помощью  
оптической системы (46) обнаружения содержит этап, на котором пропускают свет от  
40 источника света с одной стороны пористой мембраны (78) таким образом, что по  
меньшей мере часть света отражается пористой мембраной (78), и с помощью  
оптического детектора (74) принимают по меньшей мере часть отраженного света на  
той же самой стороне пористой мембраны.

35. Способ по п. 30, в котором оптическая система (46) обнаружения датчика содержит  
45 источник света и оптический детектор (74) и в котором оптический детектор (74)  
выполнен с возможностью принимать свет через световод.

36. Способ обнаружения оксидов азота, содержащий этапы, на которых:

обеспечивают датчик, содержащий:

первый электрод (22), присоединенный к подложке (14);

второй электрод (26), присоединенный к подложке (14) и удаленный от первого электрода (22);

перемычку (30), присоединяющую первый электрод (22) ко второму электроду (26);

5 электролит, присоединенный к подложке (14);

рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке (14), при этом рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота, причем рабочее вещество детектора содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из: ароматических моноаминов, производных ароматических моноаминов, 1,2-диаминобензола, гемопротеинов, гемопептидов, металлфталоцианинов, производных металлфталоцианинов, металлопорфиринов, производных металлопорфиринов, карбаматов двухвалентного железа и производных карбаматов двухвалентного железа;

противоэлектрод, присоединенный к подложке (14);

15 электрод (38) сравнения, присоединенный к подложке (14); и

электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из: первого электрода (22), второго электрода (26), противоэлектрода и электрода (38) сравнения, причем электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать электрические изменения в перемычке (30);

20 направляют образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой (14), с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с рабочим веществом детектора, присоединенным к подложке (14);

обнаруживают продукт химической реакции;

25 обнаруживают с помощью электрического детектора электрическое изменение перемычки (30); и

обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по электрическому изменению.

37. Способ по п. 36, в котором рабочее вещество детектора помещено в электролите таким образом, что продукт реакции образуется в электролите.

30 38. Способ по п. 36, в котором рабочее вещество детектора помещено на электроде (38) сравнения таким образом, что продукт реакции образуется на электроде (38) сравнения.

39. Способ обнаружения оксидов азота, содержащий этапы, на которых:

обеспечивают датчик, содержащий: подложку (14);

35 соединение ароматических аминов, присоединенное к подложке (14);

первый электрод (22), присоединенный к подложке (14);

второй электрод (26), присоединенный к подложке (14) и удаленный от первого электрода (22);

перемычку (30), присоединяющую первый электрод (22) ко второму электроду (26);

40 электролит, присоединенный к подложке (14);

рабочее вещество детектора, присоединенное к подложке (14), причем рабочее вещество детектора выполнено с возможностью быть чувствительным к оксидам азота; противоэлектрод, присоединенный к подложке (14);

электрод (38) сравнения, присоединенный к подложке (14);

45 систему (42) протока газа, находящуюся в жидкостной связи с подложкой (14);

оптическую систему (46) обнаружения, выполненную с возможностью обнаруживать оптические изменения соединения ароматических аминов; и

электрический детектор, присоединенный по меньшей мере к двум электродам из:

первого электрода (22), второго электрода (26), противоэлектрода и электрода (38) сравнения, причем электрический детектор выполнен с возможностью обнаруживать одно или более электрических изменений в переключке (30);

5 направляют образец, содержащий по меньшей мере один оксид азота, таким образом, чтобы он находился в жидкостной связи с подложкой (14), с тем чтобы по меньшей мере один оксид азота химически реагировал с соединением ароматических аминов и рабочим веществом детектора;

обнаруживают продукт по меньшей мере одной из химических реакций;

10 обнаруживают с помощью оптической системы (46) обнаружения оптическое изменение соединения ароматических аминов;

обнаруживают с помощью электрического детектора электрическое изменение переключки (30); и

обнаруживают по меньшей мере один оксид азота по меньшей мере по одному изменению из оптического изменения и электрического изменения.

15

20

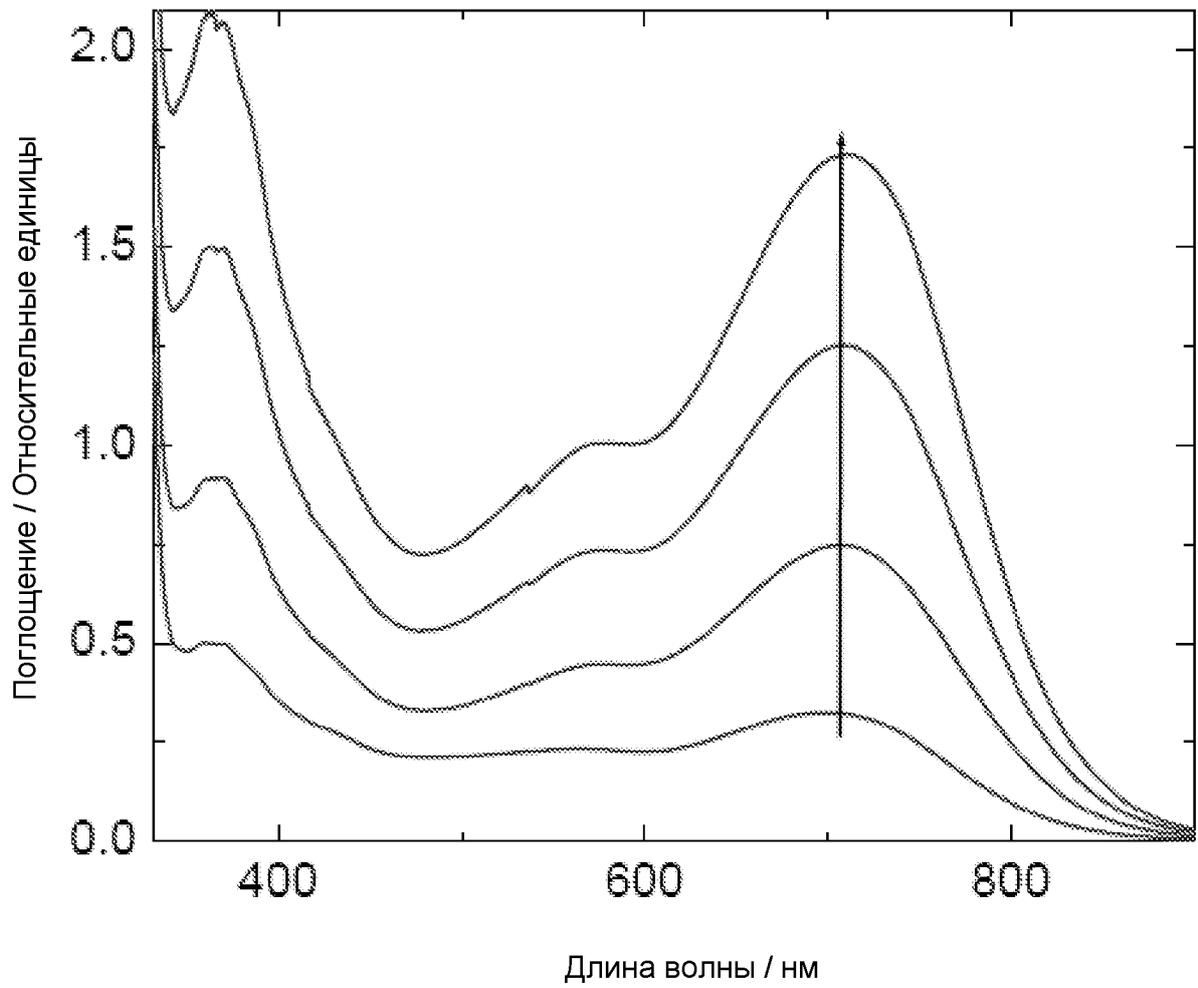
25

30

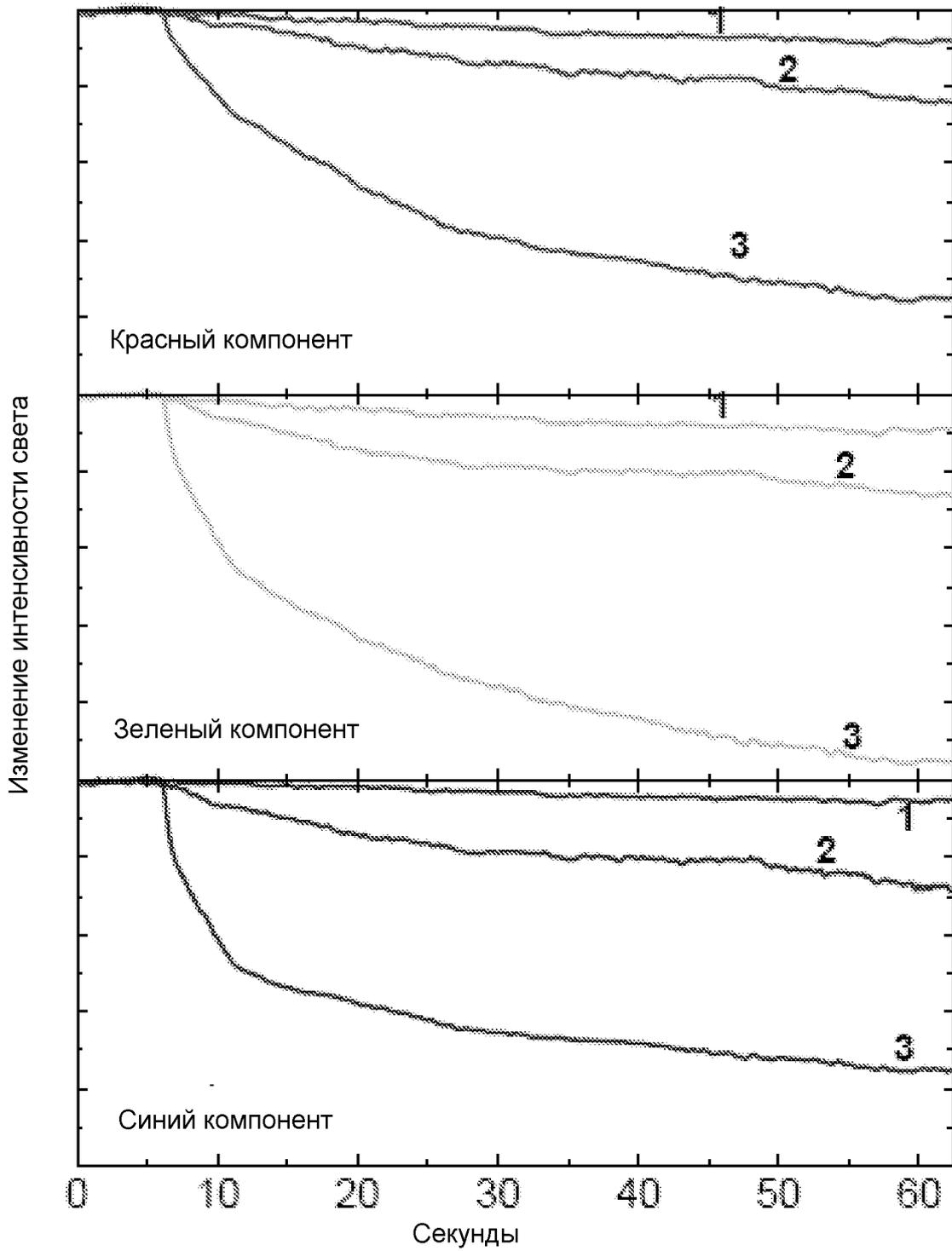
35

40

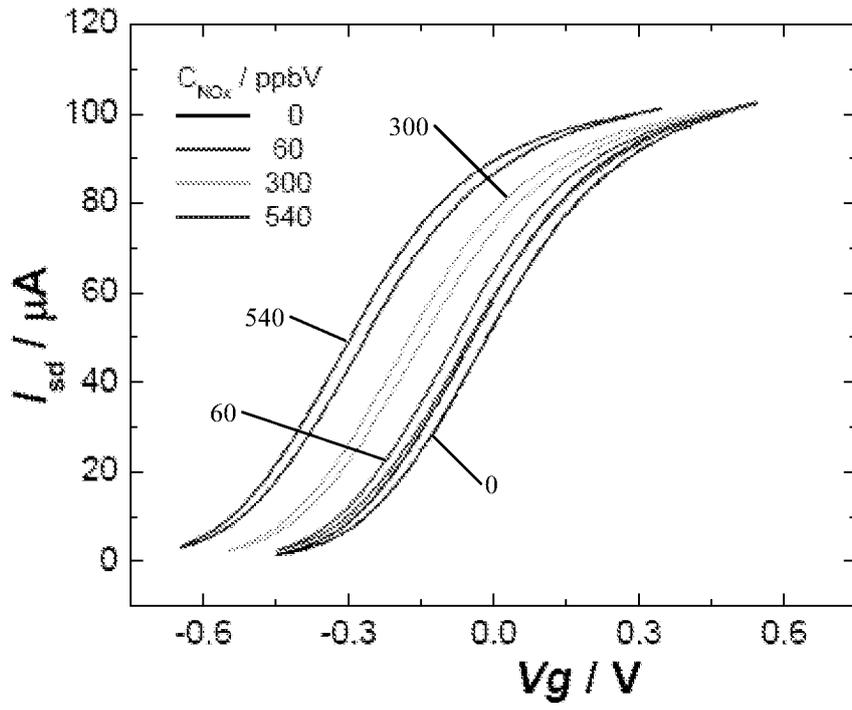
45



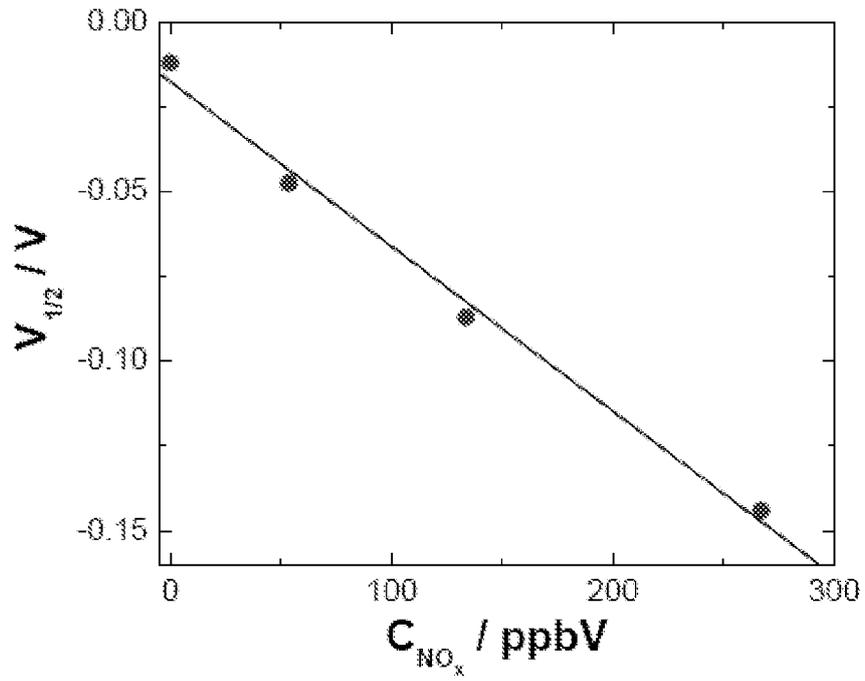
ФИГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5