



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015118169, 07.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.10.2013

Дата регистрации:
11.12.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
16.10.2012 US 61/714,418

(43) Дата публикации заявки: 10.12.2016 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 11.12.2017 Бюл. № 35

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 18.05.2015

(86) Заявка РСТ:
IB 2013/059160 (07.10.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/060894 (24.04.2014)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

КЛОТВИЙК Йохан Хендрик (NL),
МЮЛДЕР Марсель (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

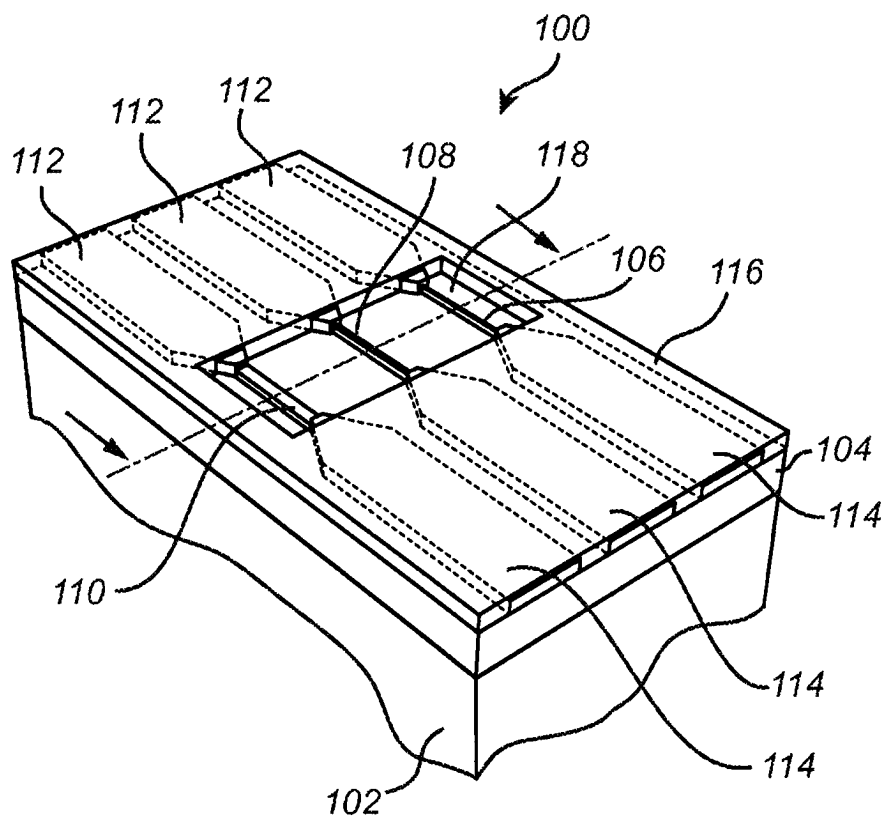
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20100243990 A1, 30.09.2010. US
20120134880 A1, 31.05.2012. EP 2378559 A1,
19.10.2011. US 8236595 B2, 07.08.2012. US
20040136866 A1, 15.07.2004. US 7833801 B2,
16.11.2010.

(54) ДАТЧИК ДЛЯ ТЕКУЧИХ СРЕД С ШИРОКИМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ НА
ОСНОВЕ НАНОПРОВОДНОЙ ПЛАТФОРМЫ

(57) Реферат:

Использование: для обнаружения концентрации вещества в образце текучей среды. Сущность изобретения заключается в том, что устройство содержит: подложку, расположенный на подложке изолирующий слой, множество расположенных на упомянутом электроизолирующем слое индивидуально адресуемых нанопроводов, причем каждый нанопровод из упомянутого множества нанопроводов покрыт изолирующим материалом, при этом множество нанопроводов выполнено с возможностью обнаружения присутствия вещества в образце текучей среды посредством измерения электрической характеристики

нанопровода из множества нанопроводов, при этом каждый упомянутый нанопровод имеет длину, ширину и толщину, отделение для образцов для содержания упомянутого образца текучей среды, при этом упомянутое отделение для образцов расположено таким образом, что оно покрывает по меньшей мере часть каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов, при этом упомянутая длина, упомянутая ширина и упомянутая толщина соответствующих нанопроводов имеют такие размеры, чтобы формировать различные диапазоны обнаружения вещества. 3 н. и 16 з.п. ф-лы, 4 ил.



ФИГ.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015118169, 07.10.2013**(24) Effective date for property rights:
07.10.2013Registration date:
11.12.2017

Priority:

(30) Convention priority:
16.10.2012 US 61/714,418(43) Application published: **10.12.2016** Bull. № 34(45) Date of publication: **11.12.2017** Bull. № 35(85) Commencement of national phase: **18.05.2015**(86) PCT application:
IB 2013/059160 (07.10.2013)(87) PCT publication:
WO 2014/060894 (24.04.2014)Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KLOTVIJK Jokhan Khendrik (NL),
MYULDER Marsel (NL)**

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)(54) **SENSOR FOR FLUIDS WITH WIDE DYNAMIC RANGE BASED ON NANO-WIRED PLATFORM**

(57) Abstract:

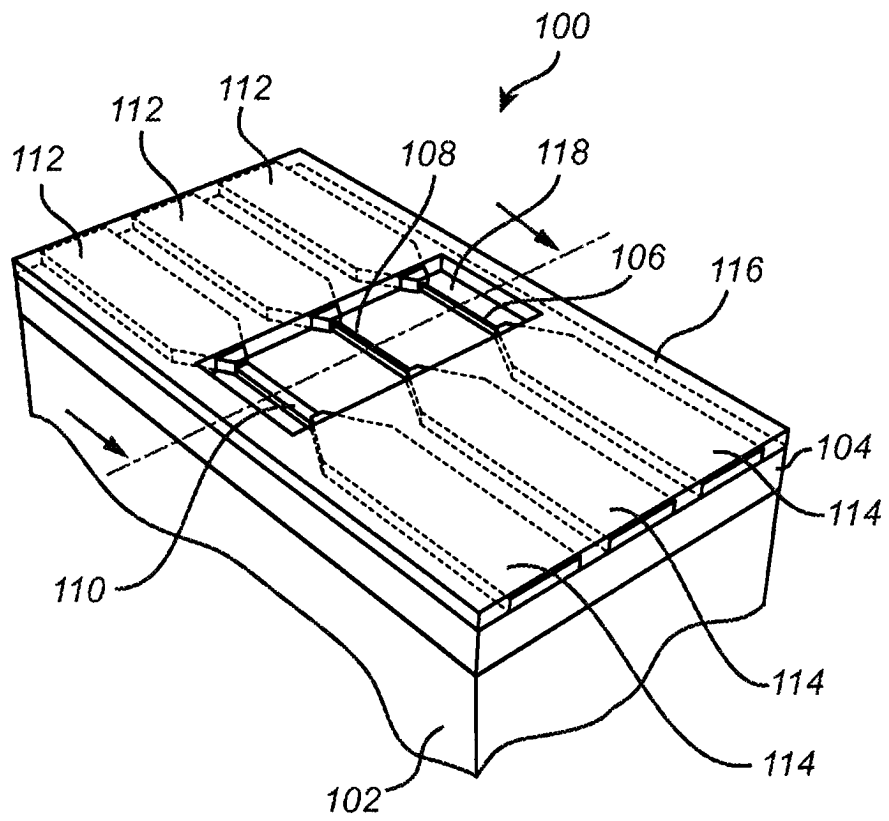
FIELD: physics.

SUBSTANCE: device comprises: a substrate, an insulating layer disposed on the substrate, a plurality of individually addressed nanowires arranged on the said electrically insulating layer, each nanowire of the said plurality of nanowires covered with an insulating material, a plurality of nanowires configured to detect the presence of a substance in the fluid sample by measuring the electrical characteristic of the nanowire of the plurality of nanowires, each said nanowire has a

length, a width, and a thickness, a sample compartment for containing the said fluid sample, the said sample compartment being arranged to cover, at least, a portion of each nanowire from the said plurality of nanowires, the said length, the said width, and the said thickness of the respective nanowires being dimensioned to form different ranges of the substance detection.

EFFECT: increasing the efficiency.

19 cl, 4 dwg



ФИГ.1

Данная заявка представляет собой заявку на национальной фазе США в соответствии с параграфом 371 раздела 35 Свода законов США международной заявки № РСТ/IB2013/059160, поданной 7 октября 2013 года, которая заявляет приоритет предварительной заявки на патент США № 61/714418, поданной 16 октября 2012 года.

5 Эти заявки включены в данный документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к устройству обнаружения концентрации вещества в текучей среде. В частности, настоящее изобретение относится к устройству на основе нанопроводов.

10 ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Датчики для обнаружения биологических веществ на основе наноразмерных полевых транзисторов, такие как, например, кремниевые нанопроводные полевые транзисторы и углеродные нанотрубки с необходимым образом функционализированными поверхностями, имеют огромный потенциал для очень чувствительного обнаружения
15 мельчайших (вплоть до фемтомолярных) концентраций биомолекул, таких как белки и ДНК. Кроме того, когда соответствующие граничные слои приводятся с помощью функционализации поверхности в контакте с активным веществом, эти устройства также потенциально интересны для обнаружения газов.

Во всех сферах применения, в которых используется наноразмерный полевой транзистор, существует большая потребность в одновременном обнаружении множества
20 целевых молекул. В жидкой или газовой среде использование контрольного транзистора имеет значимую и решающую важность для компенсации зависящего от времени дрейфа.

Для многих сфер применения газовых датчиков, таких как управление качеством воздуха в помещении (КВП), ОВиК (отопление, вентилирование и кондиционирование), астма, диагностика сердечно-сосудистых заболеваний и контроль парникового эффекта,
25 требуется высокая чувствительность в сочетании с широким динамическим диапазоном. Стандартным способом обнаружения газов является масс-спектрометрия. Эта методика чувствительна, избирательна и имеет широкий динамический диапазон, но также дорогостояща и имеет значительные размеры. Как вариант, оптическое обнаружение,
30 более конкретно, абсорбционная спектроскопия в инфракрасном цвете (ИК), применяется в качестве газового датчика. Эта методика чувствительна и избирательна, но один модуль может обнаруживать только один тип молекул, и измерительное оборудование дорогостоящее и имеет значительные размеры. Также может применяться электрохимическое обнаружение, но оно не обеспечивает надлежащую чувствительность
35 или избирательность.

US 2010/0243990 раскрывает устройство датчика на основе нанопроводов для обнаружения биомолекул. Устройства основаны на кремниевом нанопроводном полевом транзисторе, в котором нанопровод может быть легирован примесью n-типа или p-типа. Поверхность нанопровода функционализирована молекулами, которые
40 конкретно связываются с соответствующими молекулами, на которые они нацелены. Заряды на целевых молекулах отрицательно влияют на проводимость нанопроводного канала, подобного электроду затвора.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретатели обнаружили, что для практического применения устройств обнаружения требуется расширенный динамический диапазон, часто в сочетании с
45 низким пределом обнаружения. Проблемой известных устройств обнаружения является то, что высокочувствительный датчик имеет низкий динамический диапазон.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение датчика на основе

нанопроводов, который способен обеспечить улучшенный динамический диапазон, предпочтительно в сочетании с высокой чувствительностью.

Задача решается изобретением, которое определено независимыми пунктами формулы изобретения. Зависимые пункты формулы изобретения обеспечивают преимущественные варианты осуществления.

В соответствии с изобретением обеспечивается устройство для обнаружения концентрации вещества в образце текучей среды.

«Текучая среда» может относиться и к газу, и к жидкости, и устройство, таким образом, является подходящим для обнаружения веществ и в жидкостях, и в газах.

Вещества могут быть растворены или суспендированы в образце. Вещества могут содержать ионы, молекулы, молекулярные комплексы, частицы. В частности, они могут представлять собой вещества, которые могут присутствовать в текучей среде в низких или высоких концентрациях, не известных заранее. Вещества могут быть ядовитыми для жизни, требующими отвечающего требованиям обнаружения концентрации и также непрерывного обнаружения, предотвращающего обширную предварительную обработку (разбавление) до обнаружения.

То, что нанопровода являются электрически адресуемыми, означает, что возможно формирование электрического контакта с каждым концом каждого нанопровода для выполнения электрической характеристики соответствующих нанопроводов

относительно характеристик нанопроводов, чувствительных к присутствию вещества, когда текучая среда с веществом приводится в окрестности нанопровода. Нанопровода из множества нанопроводов являются индивидуально адресуемыми. С этой целью предпочтительно, чтобы нанопровода электрически соединялись параллельно между множеством электрических контактных точек. Таким образом, в то время как один конец каждого нанопровода может быть электрически соединен с одной и той же точкой соединения, каждый другой конец в этом случае должен быть приведен в контакт индивидуальным образом. Последовательная адресация нанопровода может быть достигнута с использованием индивидуальных структур затвора нанопроводов, если нанопровода являются частью одного или более транзисторов. Как вариант, каждый нанопровод полностью индивидуально электрически адресуем таким образом, чтобы его концы формировали отдельные контактные точки для каждого нанопровода в транзисторе или вне транзистора.

Когда частица или молекула вещества, которое должно быть обнаружено, приходит в окрестности нанопровода или даже прикрепляется к нему, на измеряемую

электрическую характеристику нанопровода оказывается влияние в соответствии с количеством вещества и, таким образом, посредством измерения характеристики может быть выведено количество вещества. Количество может быть абсолютным количеством или количествами концентраций в виде количества вещества на объем образца, массу образца или моли образца.

Множество нанопроводов содержит по меньшей мере два нанопровода. Количество нанопроводов может быть равным и/или большим чем 3, 4, 5, 10, 20 и даже 50. Они могут быть в целях удобства изготовлены при одном и том же формировании рисунка устройства. Каждый нанопровод может быть дублирован, чтобы обеспечить возможность надежности измерения. Изолирующий материал может представлять собой любой электрически изолирующий материал. Материал предотвращает в первом случае короткое замыкание нанопроводов текучей средой образца. Изолирующий материал предпочтительно представляет собой оксид, такой как, например, оксид кремния (SiO_2), или оксид титана (TiO_2), или их смеси. Изолирующий материал может

содержать поверхность, которая подвергается воздействию текучей среды образца.

Отделение для образцов выполнено таким образом, чтобы образец приводился в окрестности или в контакт с каждым нанопроводом, включающим по меньшей мере изолирующий материал. Каждый из нанопроводов, покрытых соответствующим
5 изолирующим материалом, таким образом, выполнен с возможностью обнаружения присутствия вещества в образце текучей среды посредством измерения электрической характеристики нанопровода. Любая характеристика, на которую может повлиять возможное присутствие вещества в отделении для образцов, может использоваться для
10 цели обнаружения. Измеряемая электрическая характеристика, предпочтительно, может быть, например, характеристикой тока в зависимости от напряжения для нанопровода. Предпочтительно, эта характеристика представляет собой характеристику нанопровода, который является частью транзистора с затвором. Посредством анализа измеренных характеристик может быть определено количество (концентрация) вещества в образце. При необходимости могут использоваться калибровочные кривые. Предпочтительно,
15 имеются контрольные нанопровода, которые находятся в окрестностях только образца текучей среды без вещества.

Различные нанопровода из множества нанопроводов устройства выполнены таким образом, чтобы каждый индивидуальный нанопровод имел различный диапазон обнаружения. Диапазон обнаружения представляет собой диапазон между наименьшим
20 и наибольшим обнаруживаемым количеством или концентрацией вещества в образце текучей среды. Наименьшее количество определяется количеством вещества, которое не дает изменения в электрической характеристике нанопровода, в то время как наибольшее обнаруживаемое количество представляет собой количество, выше которого не наблюдается дополнительного увеличения той же самой электрической
25 характеристики, причем это связано с сигналом насыщения. Общий диапазон обнаружения устройства обнаружения, следовательно, задается совокупностью нанопроводов, то есть он представляет собой сумму диапазонов обнаружения каждого индивидуального нанопровода.

Соответственно, настоящее изобретение основано на реализации того, что детектор
30 на основе нанопроводов с расширенным динамическим диапазоном может быть получен посредством размещения ряда индивидуально адресуемых нанопроводов, имеющих различные динамические диапазоны, параллельно для измерения вещества в текучей среде. В результате устройство может быть выполнено таким образом, что полный динамический диапазон устройства больше, чем соответствующий динамический
35 диапазон индивидуальных нанопроводов. Предпочтительно, нанопровода из множества нанопроводов выполнены таким образом, что различные диапазоны обнаружения каждого нанопровода из множества нанопроводов вместе формируют практически непрерывный диапазон обнаружения, который больше, чем каждый различный диапазон обнаружения. Например, если первый нанопровод может измерять концентрацию
40 вещества между 1 и 10, а второй нанопровод может измерять концентрацию между 10 и 100, динамический диапазон каждого из нанопроводов составляет 10, в то время как динамический диапазон устройства, содержащего комбинацию этих двух нанопроводов, составлял бы 100. Устройство по изобретению является предпочтительным, поскольку теперь не требуется разбавление образцов с целью предотвращения насыщения до их
45 подачи на датчик. Кроме того, может быть сделано устройство обнаружения, в котором диапазон обнаружения может быть выбран с помощью ряда нанопроводов и конфигурации их динамического диапазона. Кроме того, чувствительность устройства (связанная с пределом обнаружения) может быть независимо установлена конфигурацией

наиболее чувствительного нанопровода. Устройство может быть выполнено с возможностью быть способным обнаруживать вещества с концентрацией от 100 частиц/млн и более до 10 частиц/млрд. Таким образом, может быть получено устройство обнаружения с улучшенным динамическим диапазоном и чувствительностью на уровне

техники. Устройство может быть, соответственно, сделано с использованием традиционных полупроводниковых материалов и, следовательно, подходит для интеграции со схемами на основе КМОП-структур или с уже существующими решениями типа "встроенная в ИС лаборатория" с использованием хорошо разработанных методик производства и требующих минимальной адаптации существующих производственных процессов. Устройство может также быть с выгодой скомбинировано с другими типами датчиков, такими как температурные датчики, датчики проводимости и т.д. Дополнительно, посредством выбора различных изолирующих материалов для различных нанопроводов, различные вещества могут быть обнаружены одновременно с помощью одного устройства. Дополнительное преимущество настоящего изобретения состоит в том, что совместимость с существующими способами обработки означает, что устройства датчиков могут быть изготовлены с относительно низкой стоимостью.

Степень влияния, которое вещество будет иметь на характеристику нанопровода, зависит от композиционного, а также структурного параметров нанопровода и дополнительных слоев. Каждый нанопровод из упомянутого множества нанопроводов может иметь площадь поверхности и объем нанопровода, при этом отношение площади поверхности и объема различно для различных нанопроводов из упомянутого множества нанопроводов. Чем больше отношение, тем более чувствителен нанопровод к присутствию вещества в ее окружении, и наоборот. Изменение диапазона обнаружения, т.е. необязательно увеличение или уменьшение диапазона обнаружения, но просто другой диапазон, возникает при изменении отношения. Нанопровод может иметь поверхность обнаружения, подвергаемую воздействию на ее стороне, где простирается отделение для образцов. Поверхность обнаружения может быть выполнена с возможностью обнаружения присутствия вещества.

Для изменения отношения среди различных нанопроводов из множества нанопроводов может использоваться длина, ширина или высота (толщина) нанопровода. Предпочтительно, в этом случае изменяются длина или ширина, в то время как толщина (слой, простирающийся перпендикулярно подложке) сохраняется постоянной. Если множество нанопроводов выполнено на плоской подложке, то множество различных размеров нанопроводов может быть определено на одном и том же этапе формирования рисунка (маски), снова сберегая общую стоимость. Кроме того, во многих обычных подложках слой, в котором делаются нанопровода, является осажденным слоем полупроводника, такого как кремний, однородной толщины. Следовательно, могут использоваться стандартные подложки, и не требуется проведение этапов травления для изменения толщины этого слоя, уменьшая сложность обработки и снижая стоимость. Предпочтительно, чтобы ширина нанопроводов изменялась, в то время как длина также сохранялась постоянной для множества нанопроводов. Ширина нанопроводов, предпочтительно, находится в диапазоне от 8 нм до 1 микрометра. Более низкий диапазон на практике ограничивается наименьшими характерными размерами, которые могут быть нанесены рисунком с использованием методик литографии или импринтинга. Предпочтительный диапазон составляет от 50 нм до 500 нм. Более предпочтительный диапазон составляет от 10 нм до 500 нм. В пределах этих диапазонов могут быть нанопровода с шириной 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 200 300 и 400 нм или любой комбинации.

Это позволяет получить нанопровода, которые благодаря их длине все еще дают сопротивления, которые могут быть использованы в структурах обычных ИС (следует отметить, что поперечное сечение нанопровода определяет его сопротивление). Длины нанопроводов могут составлять от 1 до 10 микрометров. Они могут быть меньше 2 микрометров, меньше 1 микрометра или меньше 500 нм.

Как вариант или дополнительно к изменению размеров для нанопроводов из множества нанопроводов, для реализации изменения диапазона обнаружения может изменяться толщина изолирующего материала и выбираемый материал изолятора, покрывающего нанопровод. Влияние вещества на характеристики нанопровода может происходить через емкостную связь. Таким образом, увеличение толщины изолятора дает меньшую связь и меньшую чувствительность и наоборот. Кроме того, замена материала на материал с большей диэлектрической постоянной будет давать увеличение связи и увеличение чувствительности и наоборот. В этом случае настройка этих параметров приводит к различному диапазону обнаружения. Поскольку диэлектрическая постоянная в значительной степени определяется изолирующим материалом, который обычно является совместимым с материалами и обработкой подложки, толщина слоя является предпочтительным параметром для изменения по всем нанопроводам из множества нанопроводов. Чтобы дать хорошую чувствительность, толщина предпочтительно составляет от 1 нм до 10 нм. Если необходима увеличенная чувствительность, то толщина находится в диапазоне от 1 до 4 нм, наиболее предпочтительно 3 нм. Если необходима повышенная надежность в отношении электрической изоляции слоя изолирующего материала, то толщина, предпочтительно, находится в диапазоне от 6 до 10 нм, более предпочтительно 7 нм. Толщина 5 нм дает хороший компромисс между чувствительностью и надежностью.

Например, на нанопровод с меньшей площадью поперечного сечения и более тонким изолирующим слоем будут больше влиять молекулы вещества, чем на провод с большей площадью и более толстым изолирующим слоем. Такое влияние может быть через емкостные или индуктивные изменения нанопровода для ситуаций с веществом или без вещества.

Устройство по изобретению может представлять собой устройство обнаружения рН. Для этой цели изолирующий слой поверх нанопровода может представлять собой оксид кремния. Поверхность оксида кремния, как правило, имеет группы Si-OH, из которых H^+ (вещество) является обратимо обменоспособным с текучей средой образца (предпочтительно, содержащей или состоящей из воды для хорошего определения рН).

Следовательно, заряд поверхностного слоя оксида кремния ($Si-O^-$) зависит от рН текучей среды, т.е. высокий рН ослабляет связь H^+ и большой поверхностный заряд O^- , и при низком рН все группы преобразуются в Si-OH, и заряд на поверхности отсутствует. Заряд определяет помимо прочего проводимость нанопровода, и это может использоваться в качестве характеристики нанопровода для измерения.

Устройство может дополнительно содержать слой функционализации, расположенный на нанопроводе или на изолирующем материале по меньшей мере одного из нанопроводов. Добавление конкретных слоев функционализации на один или более из нанопроводов делает возможным настройку устройства для обнаружения определенного вещества или группы веществ. Может использоваться простая химическая (ковалентная) реакция вещества со слоем функционализации. Как вариант, может использоваться молекулярное распознавание за счет всех видов или нековалентных реакций, эффекты прилипания.

Кроме того, посредством добавления различных слоев функционализации к различным нанопроводам, также становится возможным одновременное обнаружение нескольких различных веществ или групп веществ. Такое устройство может использоваться для определения характерных признаков.

Например, слой TiO_2 может быть выполнен в качестве изолирующего слоя или, предпочтительно, на изолирующем слое нанопровода для действия в качестве слоя функционализации. Поскольку TiO_2 , как известно, реагирует с CO_2 и расщепляет его, может быть сформирован датчик CO_2 . Могут использоваться другие слои функционализации. Слой NiO_x может восстанавливаться/окисляться в присутствии формальдегида и может использоваться для создания нанопровода, чувствительного к формальдегиду. Специалистам в данной области техники будет известно, какие слои должны использоваться для распознавания конкретных веществ или конкретных групп веществ. Один пример может обеспечить слои для обнаружения маркеров в крови, таких как маркеры для обнаружения заболеваний сердца. В другом примере слой выполняется с возможностью обнаружения углеводов или других органических молекул в виде загрязнения, например, в водной текучей среде.

Согласно одному варианту осуществления изобретения, по меньшей мере два нанопровода могут иметь различные концентрации легирующих примесей. Изменение легирующей примеси нанопровода является дополнительным средством влияния на электрические характеристики нанопровода, чтобы настроить свойства датчика для различных сфер применения. Например, различные легирующие примеси могут использоваться для реализации различных пороговых напряжений нанопроводов. Это может обеспечить различную чувствительность нанопроводов.

Отделение для образцов может быть выполнено для обеспечения текучей среде возможности протекать поверх множества нанопроводов. В результате может быть обнаружена концентрация протекающей текучей среды, что, например, облегчает интеграцию устройства в существующие устройства типа "встроенная в ИС лаборатория". Кроме того, отделения для образцов могут быть выполнены в виде отверстия в защитном слое таким образом, что контактирующие структуры для вхождения в электрический контакт с нанопроводами защищены, тем самым предотвращая короткое замыкание между контактирующими структурами в случае образца проводящей текучей среды.

Часть подложки (такая как, например, обратная сторона подложки) может использоваться в качестве вывода затвора транзистора, частью которого является по меньшей мере один нанопровод из множества нанопроводов. Затем устройство формирует устройство с тремя выводами с обратной стороной в качестве вывода затвора и контактирующими структурами в качестве выводов истока и стока. Использование обратной стороны в качестве вывода затвора может использоваться для улучшения токовой чувствительности для поданного напряжения, или она может использоваться в качестве выключателя для управления, может ли вообще какой-либо ток протекать через нанопровод. Таким образом, электрическими характеристиками нанопровода может управлять вывод затвора. Подложка может быть нанесена рисунком для обеспечения индивидуальных структур затвора для каждого нанопровода при необходимости.

Устройство может содержать второе отделение для образцов, обеспечивающее возможность проведения одновременного обнаружения более одного вещества. Второе отделение для образцов может использоваться для обеспечения контакта различных

текучих сред со множеством нанопроводов для одновременного выполнения множественных анализов. Кроме того, использование двух или более отделений для образцов может дополнительно способствовать наличию нанопроводов с различными характеристиками в различных отделениях для образцов. В частности, различные конфигурации проводов, которые вследствие сложности процесса производства могут быть трудно комбинировать в одном отделении для образцов, могут легче быть осуществлены при использовании множественных отделений для образцов.

Устройство может содержать электрические схемы, соединенные с каждым из упомянутых нанопроводов из множества нанопроводов для считывания нанопроводов. Устройство может представлять собой измерительное устройство, готовое к использованию для анализа образцов.

Электрическая схема предпочтительно выполняется с возможностью:

определения электрической характеристики каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов;

определения для каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов, указывает ли электрическая характеристика на насыщение нанопровода;

идентификации подмножества нанопроводов, которые не являются насыщенными нанопроводами, из упомянутого множества нанопроводов;

идентификации нанопровода из подмножества нанопроводов имеющего самую

высокую чувствительность; и

определения количества упомянутого вещества в упомянутой текучей среде на основе определенной электрической характеристики нанопровода, имеющего самую высокую чувствительность.

Устройство может содержать один или более контрольных нанопроводов (каждый определен согласно изобретению), которые покрываются отделением с контрольным образцом вместо отделения с образцом. Такая может быть легко интегрирована. Такие нанопровода могут использоваться для определения эффекта образца без вещества и подсчета такого фонового сигнала во время обнаружения образца.

Согласно изобретению, также обеспечивается способ определения концентрации вещества в образце текучей среды с использованием устройства, содержащего множество индивидуально адресуемых нанопроводов.

Измерение количества или концентрации вещества в текучей среде с использованием устройства на основе нанопроводов с расширенным динамическим диапазоном, которое описано выше, может быть осуществлено посредством обнаружения того, какой из нанопроводов не является насыщенным и выбора считывания от наиболее чувствительного из ненасыщенных нанопроводов. Получаемое в результате количество и/или концентрация могут, конечно, также быть выведены из сочетания измеренных ненасыщенных нанопроводов или усреднением результатов от ненасыщенных проводов, или с помощью более сложных алгоритмов определения. Кроме того, можно предположить, что устройство является откалиброванным или что по другим основаниям известно, как различные нанопровода отвечают на различные концентрации конкретного вещества, тем самым делают возможным определение, является ли конкретный нанопровод насыщенным или нет.

Согласно одному варианту осуществления изобретения определенная электрическая характеристика нанопроводов может предпочтительно представлять собой ток как функцию поданного напряжения.

В одном варианте осуществления изобретения устройство может быть предпочтительно перезагружено посредством подачи напряжения на затвор таким

образом, что налипшие на нанопровода молекулы удаляются. Очень выгодной является возможность установки устройства в исходное состояние, чтобы избежать необходимости знать историю измерений устройства, и также чтобы повторно использовать устройство после того, как оно было насыщено. Соответственно, устройство может быть перезагружено посредством подачи напряжения к обратной стороне подложки, действующей в качестве вывода затвора. Поданное на затвор напряжение имеет полярность, противоположную полярности рабочего напряжения затвора таким образом, что электростатическое отталкивание вызывает высвобождение молекул, налипших на нанопровода, тем самым очищая и перезагружая устройство.

Согласно одному варианту осуществления изобретения, устройство предпочтительно может быть перезагружено посредством нагревания устройства таким образом, что налипшие на указанные нанопровода молекулы удаляются. Путем подачи достаточно высокого напряжения к нанопроводам с тем, чтобы температура нанопроводов увеличивалась посредством резистивного нагревания, налипшие на нанопровод молекулы высвобождаются через термодесорбцию, а устройство тем самым перезагружается.

Дополнительные эффекты и функции этого второго аспекта настоящего изобретения в значительной степени аналогичны описанным выше в связи с первым аспектом изобретения.

Следует отметить, что изобретение относится ко всем возможным комбинациям функций, изложенным в формуле изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие аспекты настоящего изобретения теперь будут описаны более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи, показывающие пример варианта осуществления изобретения, при этом:

Фиг. 1 схематично иллюстрирует устройство согласно варианту осуществления изобретения;

Фиг. 2 схематично иллюстрирует нанопровода согласно различным вариантам осуществления изобретения;

Фиг. 3 схематично описывает способ для производства устройства согласно варианту осуществления изобретения;

Фиг. 4 представляет собой блок-схему, описывающую общие этапы способа производства, проиллюстрированного на фиг. 3.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

В настоящем подробном описании различные варианты осуществления устройства согласно настоящему изобретению обсуждаются, главным образом, в отношении устройства, содержащего кремниевые нанопровода на основе КНД-подложки (кремний на диэлектрике). Следует отметить, что это ни в коем случае не ограничивает объем настоящего изобретения, которое одинаково применимо к устройствам, содержащим нанопровода на основе других полупроводниковых материалов, которые также могут быть сформированы на подложках других типов.

Фиг. 1 схематично иллюстрирует устройство 100 согласно варианту осуществления изобретения. Следует отметить, что устройство на чертеже не вычерчивается в масштабе и что целью чертежа является просто иллюстрация общей концепции изобретения.

Устройство 100 содержит подложку 102, расположенный на подложке 102 изолирующий слой 104, три нанопровода 106, 108, 110, расположенные параллельно и сформированные на верху кремниевого слоя КНД-подложки. Имеются дополнительно проиллюстрированные проводящие контактные структуры 112, 114, которые ведут к

контактным площадкам (не показаны) для вхождения в электрический контакт с соответствующим концом каждого из нанопроводов. Контактирующие структуры 112, 114 можно рассматривать в качестве истока и стока в устройстве с тремя выводами, в котором обратная сторона подложки 102 используется в качестве вывода затвора. В этом случае все контакты являются индивидуально контактируемыми, давая индивидуально адресуемые нанопровода. Однако или контакты 112, или 114 могут быть соединены вместе без потери возможности индивидуальной адресации. Защитный слой (электроизолирующий слой) 116 выполнен с возможностью покрывать контактирующие структуры 112, 114 для предотвращения короткого замыкания в случае проводящей текучей среды. Отверстие 118 в слое покрытия формирует отделение 118 для образцов, где образец текучей среды может прийти в соприкосновение с нанопроводами 106, 108, 110.

Фиг. 2 схематично иллюстрирует вид поперечного сечения нанопроводов 106, 108, 110. Каждый нанопровод имеет толщину (вертикаль в плоскости чертежа) и ширину (горизонталь в плоскости чертежа). Размеры нанопроводов, как правило, имеют диапазон от нескольких нанометров до сотен нанометров. Нанопровода, в свою очередь, покрывают изолирующим материалом 202, 204 206. Изолирующий материал, как правило, может быть оксидом, таким как SiO_2 (термически выращенным), TiO_2 или Al_2O_3 . Также могут использоваться различные оксиды редкоземельных элементов, такие как ZrO_2 , HfO_2 и т.п. Здесь проиллюстрировано, что провода в пределах одного и того же устройства 100 могут иметь различные геометрии, как показано посредством различной ширины нанопроводов 106 и 108, и что нанопровода, имеющие одну и ту же геометрию, могут иметь различную толщину изолирующего слоя, как проиллюстрировано нанопроводами 108 и 110, и соответствующих изолирующих слоев 204 и 206. В результате могут быть сформированы нанопровода, имеющие различные электрические характеристики. Устройство, как правило, может содержать большое число нанопроводов в каждом отделении для образцов, такое как, например, от 2 до 50 нанопроводов или более. Предпочтительно, имеется от 20 до 50 нанопроводов.

Различные слои функционализации могут быть расположены на нанопроводах или изолирующем слое различных нанопроводов. Слои функционализации могут, например, представлять собой химические слои, такие как APTES ((3-аминопропил)триэтоксисилан) или слои на основе металлов и оксиды, такие как TiO_2 , ZrO_2 или HfO_2 . Таким образом, посредством нанесения различных слоев функционализации на отдельные нанопровода может быть сделан массив датчиков, который чувствителен к различным веществам, так что может быть определен своего рода характерный признак текучей среды образца при анализе. Различные слои функционализации могут иметь различные диэлектрические постоянные для обеспечения различной емкостной связи для проводов для реализации различных диапазонов. Диэлектрические постоянные различных материалов широко сведены в таблицы в стандартных текстах, таких как "руководство по химии и физике", и не будут упомянуты в настоящем описании.

Нанопровода могут быть частью многообразия различных типов электрических устройств в устройстве. Такие электрические устройства включают в себя затворные устройства, такие как: устройства на основе полевого эффекта, имеющие затвор (MOSFET - полевой МОП-транзистор, EGFET - полевой транзистор с протяженным затвором) или без затвора (CHEMFET - химический полевой транзистор, ISFET - ионно-чувствительный полевой транзистор, ImmunoFET - иммуно-полевой транзистор, NEMFET - полевой транзистор с высокой подвижностью электронов, ESFET - напыленный

химически-чувствительный полевой транзистор или ENFET - ферментативный (энзим) полевой транзистор).

Устройство может быть частью или может быть электрическим устройством для контроля чистоты газа или жидкой среды. Например, оно может являться устройством контроля загрязнения воздуха. Вещество, которое должно быть обнаружено, может являться формальдегидом, поскольку оно очень ядовито для людей. Как вариант, устройство может являться системой контроля качества воды. Такие устройства могут иметь фильтры частиц или фильтры из активированного угля для удаления мешающих побочных веществ из образца текучей среды до определения количества вещества.

Фиг. 3 схематично описывает общие этапы для производства устройства согласно различным вариантам осуществления изобретения. Фиг. 3 будет обсуждаться со ссылкой на блок-схему по фиг. 4, описывающей общие этапы обработки.

На первом этапе 402 обеспечивается КНД-подложка, содержащая кремниевый несущий слой 102, углубленный оксидный (BOX) слой 104 и верхний слой 302 кремния.

Затем на этапе 404 формируется маска и кремниевые нанопровода, и соответствующие структуры 304 контактов протравливаются на верхнем слое 302 кремния. Маска нанопровода может, например, быть сформирована посредством фотолитографии, электроннолучевой литографии или импринтинга. После травления следует этап 406, содержащий осаждение изолирующего слоя 306. Осаждение изолирующего слоя может, например, быть предпочтительным, если происходит недотравливание таким образом, что части слоя 104 BOX, прилегающие к нанопроводам или находящиеся под нанопроводами, повреждаются во время травления нанопроводов. Таким образом, любые повреждения, возникающие вследствие недотравливания, могут быть восстановлены посредством осаждения изолирующего слоя 306.

На этапах 408 и 410 осаждается защитный слой 308 нитрида кремния (SiN), после чего производится осаждение и формирование рисунка резистной маски, вскрывающей нанопровод. Затем SiN 308 и изолирующий слой 306 удаляются в местоположениях отверстий в маске 310 в областях, где располагаются нанопровода с тем, чтобы вскрывать нанопровода.

На этапе 414 резистная маска 310 удаляется, а на заключительном этапе 416 на нанопроводах выращивается термический оксид 310 для формирования изолирующего слоя на нанопроводе. Толщиной и свойствами выращенного термического оксида можно управлять с помощью параметров процесса управления, таких как время, температура и давление.

Этапы от 410 до 416 могут быть повторены для того же самого устройства, с тем чтобы различные нанопровода или подмножества нанопроводов вскрывались различными резистными масками, что, в свою очередь, делает возможным формирование нанопроводов, имеющих выращенные оксидные слои 312 с различной толщиной или различными свойствами. Выращивание термического оксида также делает возможным управление геометрией нанопроводов посредством управления временем выращивания. В качестве альтернативы термическому окислению, оксид может быть осажден на этапе 416, тем самым увеличивая гибкость в выборе изолирующего материала. Осаждение может, например, быть выполнено посредством CVD (процесс химического осаждения из паровой фазы), ALD (атомно-слоевое осаждение), распыления или других известных способов осаждения. Таким образом, посредством защиты различных проводов различными масками, могут быть сформированы нанопровода, имеющие различные изолирующие материалы и различную толщину изолирующего слоя. Кроме того, различные функционализации нанопроводов могут также быть выполнены на этапе

416 посредством осаждения слоев функционализации таким образом, чтобы могло быть сформировано устройство, способное к обнаружению широкого диапазона веществ.

5 Нанопровода с различной длиной и/или шириной могут быть предпочтительно сделаны в одном комплексе этапов, поскольку они определяются размерами маски и не требуют повторного вскрытия различных множеств нанопроводов для осаждения и т.д. В примерном варианте осуществления на этапе 404 могут быть сформированы нанопровода, имеющие различную ширину. Таким образом, после выполнения оставшихся этапов, которые описаны выше, обеспечиваются нанопровода различной
10 ширины, но с тем же самым изолирующим материалом и толщиной изолятора.

Также формируются электрические контакты для контактирующих структур, а омический контакт формируется на обратной стороне подложки для формирования контакта затвора на обратной стороне. Кроме того, в результате КМОП-совместимого процесса производства контрольный транзистор легко реализуется на той же самой
15 ИС в качестве дополнения к измерительному устройству, чтобы обеспечить возможность разностных измерений таким образом, чтобы, например, можно было учесть температурные изменения и другие вариации окружающей среды.

Кроме того, используя устройство на основе нанопроводов согласно различным вариантам осуществления изобретения, обеспечивается способ для определения
20 концентрации вещества в текучей среде с использованием устройства. В последующем примерный вариант осуществления будет обсужден со ссылкой на измерения тока в зависимости от напряжения, выполняемые измерительным агрегатом, содержащим устройство. Во-первых, характеристика тока в зависимости от напряжения для каждого из нанопроводов в устройстве определяется для постоянного напряжения затвора.
25 Далее определяется, какие из нанопроводов, если таковые имеются, являются насыщенными. Насыщение током в нанопроводе может, например, возникать, если насыщается проводящий канал, т.е. если токопроводящий канал является полностью закрытым или полностью открытым. Насыщение может также возникать в результате насыщения поверхности, т.е. если вся поверхность нанопровода покрывается веществом.
30 Насыщение током может, например, быть определено посредством сравнения полученной в результате измерений характеристики с ранее установленными контрольными значениями.

Из подмножества ненасыщенных нанопроводов выбирается нанопровод, имеющий самую высокую чувствительность. Нанопровод, имеющий самую высокую
35 чувствительность, представляет собой нанопровод, способный обнаруживать самое малое изменение концентрации конкретного вещества. Чувствительность каждого из нанопроводов, как предполагается, известна из производства и/или из предыдущих калибровок устройств, имеющих ту же самую схему размещения.

Посредством идентификации наиболее чувствительного ненасыщенного нанопровода
40 результат, обозначающий концентрацию вещества, может быть обеспечен с максимально возможной чувствительностью для данного устройства.

Если используется устройство, способное к обнаружению различных веществ, то способ, описанный выше, выполняется для каждого подмножества нанопроводов, выполненных с возможностью обнаружения соответствующего вещества.

45 Примером применения для устройства является реверсивный датчик CO_2 . Датчик CO_2 может быть сформирован посредством покрытия нанопроводов тонким (приблизительно 1 нм) слоем TiO_2 . Поскольку CO_2 имеет нулевой дипольный момент,

он не будет индуцировать электрическое поле в канале при прикреплении к изолирующему слою, содержащему, например, SiO_2 . Поэтому может использоваться TiO_2 , который, как известно, расщепляет CO_2 на CO и O_2 , при этом является полярным и, следовательно, индуцирует поле в проводящем канале устройства.

Однако оксиды, такие как TiO_2 , ZrO_2 и HfO_2 , имеют тенденцию быть гидрофильными, следовательно, адсорбирующими молекулы воды на поверхности, что будет отрицательно влиять на адсорбцию CO_2 и впоследствии отрицательно влиять на электрическое измерение. Следовательно, чтобы повысить избирательность и уменьшить помехи от адсорбированной воды, гидрофобный слой, который является проницаемым для CO_2 , но не для молекул воды, может быть осажден на изолирующий слой.

Гидрофобный слой может, например, являться полимером, таким как парилен.

В качестве альтернативы анализа зависимости тока от напряжения может анализироваться переходная характеристика устройства посредством подачи постоянного напряжения к выводам истока, стока и затвора и наблюдения временной зависимости измеренного тока. Таким образом, может быть определена концентрация одного или более веществ в исследуемой текучей среде.

Кроме того, также может быть введен контрольный затвор текучей среды для отклонения текучей среды, если это требуется для конкретного применения.

Специалист в данной области техники осознает, что настоящее изобретение ни в коем случае не ограничено предпочтительными вариантами осуществления, описанными выше. Напротив, множество изменений и вариаций возможно в пределах объема прилагаемой формулы изобретения. Например, вполне возможны вариации в способе производства и в выборе материалов, если они все еще соответствуют общей концепции изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Устройство для количественного обнаружения вещества в образце текучей среды, содержащее

подложку;

расположенный на упомянутой подложке электроизолирующий слой;

множество расположенных на упомянутом электроизолирующем слое индивидуально адресуемых нанопроводов, причем каждый нанопровод из упомянутого множества нанопроводов покрыт изолирующим материалом, при этом множество нанопроводов выполнено с возможностью обнаружения присутствия вещества в образце текучей среды посредством измерения электрической характеристики нанопровода из множества нанопроводов, при этом каждый упомянутый нанопровод имеет длину, ширину и толщину;

отделение для образцов для содержания упомянутого образца текучей среды, при этом упомянутое отделение для образцов расположено таким образом, что оно покрывает по меньшей мере часть каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов,

при этом упомянутая длина, упомянутая ширина и упомянутая толщина соответствующих нанопроводов имеют такие размеры, чтобы формировать различные диапазоны обнаружения вещества.

2. Устройство по п. 1, в котором сочетание различных диапазонов обнаружения образует практически непрерывный диапазон обнаружения, который больше, чем каждый различный диапазон обнаружения.

3. Устройство по п. 1, в котором каждый нанопровод из упомянутого множества нанопроводов имеет площадь поверхности и объем нанопровода, при этом отношение площади поверхности и объема различно для различных нанопроводов из упомянутого множества нанопроводов.

4. Устройство по п. 3, в котором толщина нанопроводов из множества нанопроводов практически одинакова, а одна или более из ширины и длины каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов различна.

5. Устройство по п. 1, в котором изолирующий материал является одним и тем же для каждого нанопровода из множества нанопроводов, и при этом изолирующий материал имеет толщину, которая различна для каждого нанопровода из множества нанопроводов.

6. Устройство по п. 1, в котором по меньшей мере один нанопровод из упомянутого множества нанопроводов содержит по меньшей мере один слой функционализации, который предназначен для взаимодействия с веществом.

7. Устройство по п. 1, в котором каждый из по меньшей мере двух нанопроводов из упомянутого множества нанопроводов содержит слой функционализации, который предназначен для взаимодействия с веществом, при этом по меньшей мере два слоя функционализации отличаются друг от друга.

8. Устройство по п. 6, в котором по меньшей мере один слой функционализации содержит или состоит из TiO_2 .

9. Устройство по п. 1, в котором упомянутое отделение для образцов выполнено для обеспечения текучей среде возможности протекать поверх упомянутого множества нанопроводов.

10. Устройство по п. 1, в котором по меньшей мере два из упомянутых нанопроводов имеют различную чувствительность.

11. Устройство по п. 1, в котором по меньшей мере два нанопровода из упомянутого множества нанопроводов содержат различные легирующие примеси и/или различные концентрации легирующих примесей.

12. Устройство по п. 1, в котором по меньшей мере один нанопровод из множества нанопроводов образует канал транзистора, а часть подложки используется в качестве вывода затвора упомянутого транзистора.

13. Устройство по п. 1, содержащее дополнительное отделение для образцов.

14. Устройство по п. 1, содержащее электрическую схему, соединенную с каждым нанопроводом из множества упомянутых нанопроводов, для считывания нанопроводов.

15. Применение устройства по п. 1 для количественного обнаружения вещества в образце текучей среды.

16. Способ количественного определения вещества в образце текучей среды с использованием устройства, содержащего множество индивидуально электрически адресуемых нанопроводов, причем каждый из упомянутых нанопроводов имеет различный диапазон обнаружения, при этом упомянутый способ содержит

определение электрической характеристики каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов;

определение для каждого нанопровода из упомянутого множества нанопроводов, указывает ли электрическая характеристика на насыщение нанопровода;

идентификацию подмножества нанопроводов, которые не являются насыщенными нанопроводами, в пределах множества нанопроводов;

идентификацию нанопровода из подмножества нанопроводов, имеющего самую высокую чувствительность; и

определение количества упомянутого вещества в упомянутой текучей среде на основе определенной электрической характеристики нанопровода, имеющего самую высокую чувствительность.

5 17. Способ по п. 16, в котором определяемой электрической характеристикой упомянутых нанопроводов является ток как функция поданного напряжения.

18. Способ по п. 16, в котором множество нанопроводов образуют каналы транзистора, где транзистор содержит затвор, при этом способ дополнительно содержит этап установки устройства в исходное состояние посредством подачи напряжения затвора на затвор с тем, чтобы вещество, налипшее на нанопровод из упомянутого
10 множества нанопроводов, было по меньшей мере частично удалено с упомянутого нанопровода.

19. Способ по п. 16, дополнительно содержащий этап установки устройства в исходное состояние посредством нагревания упомянутого устройства с тем, чтобы вещество, налипшее на нанопровод из упомянутого множества нанопроводов, было по меньшей
15 мере частично удалено с упомянутого нанопровода.

20

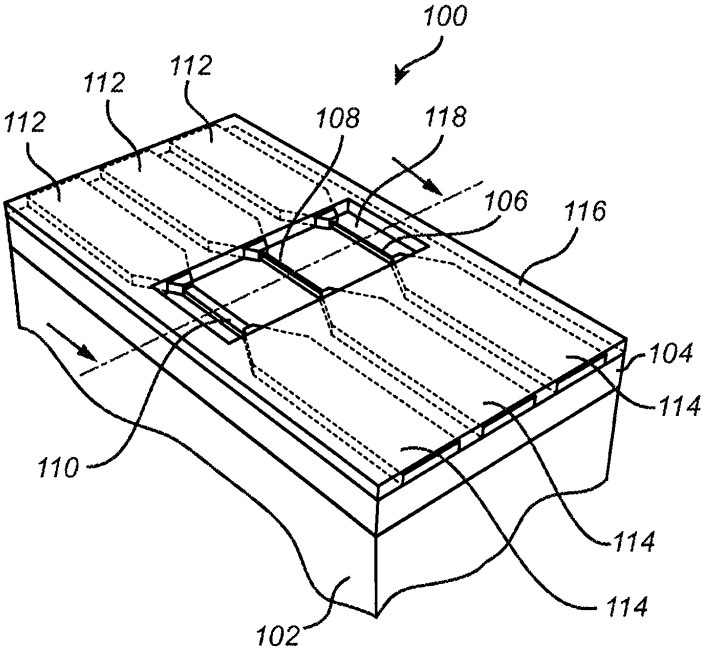
25

30

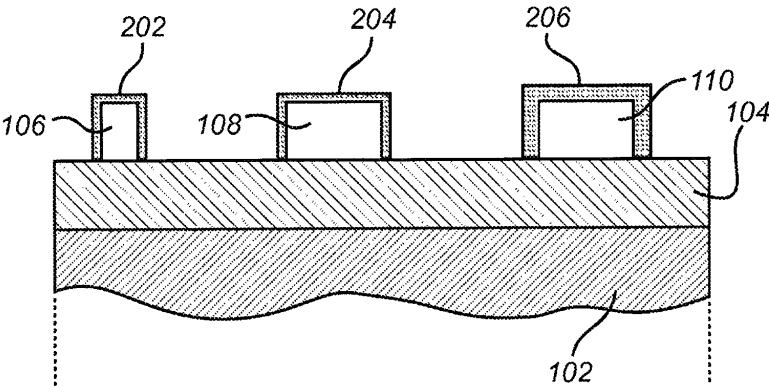
35

40

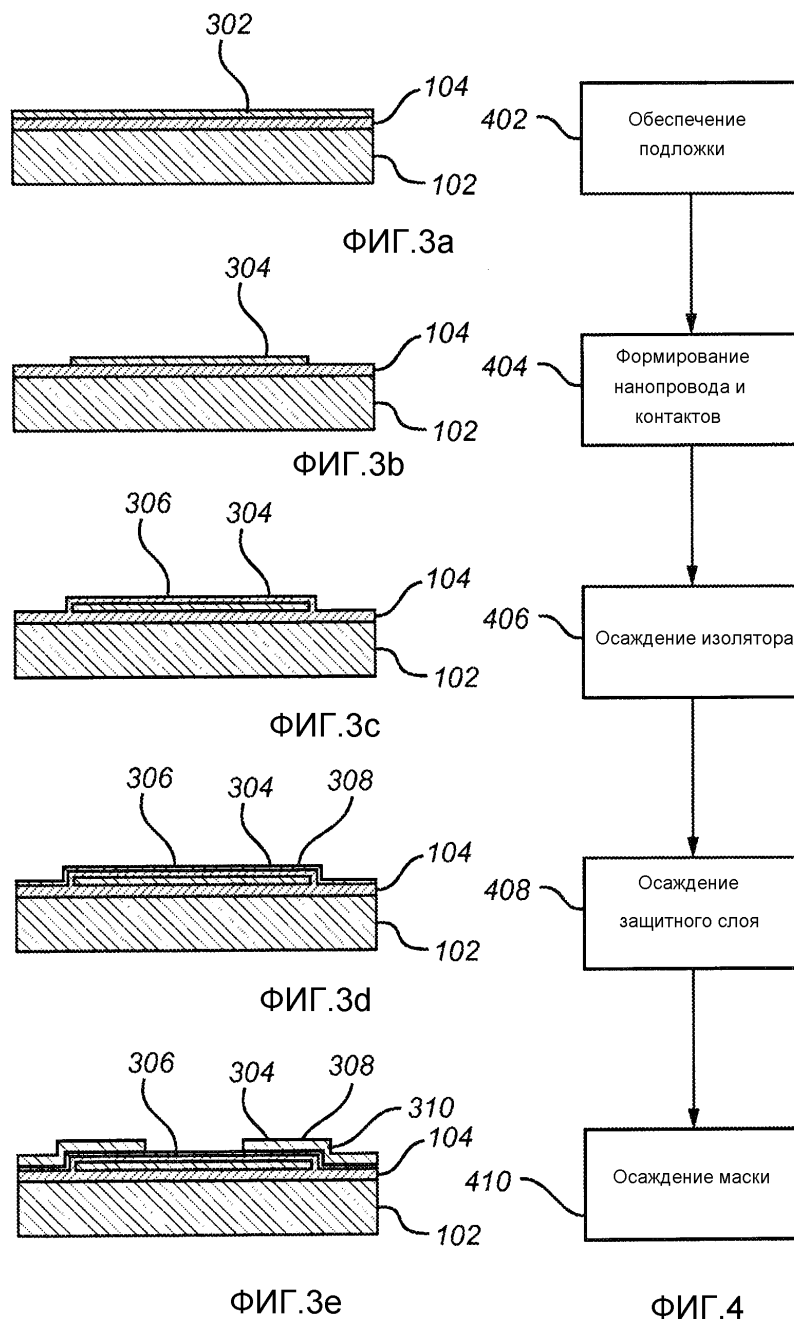
45



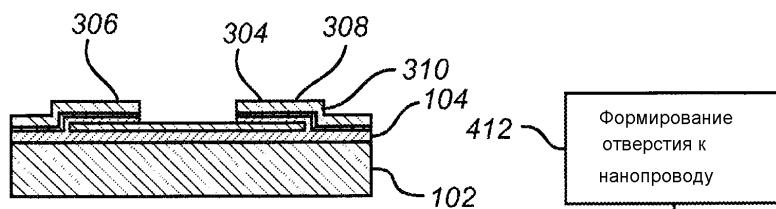
ФИГ.1



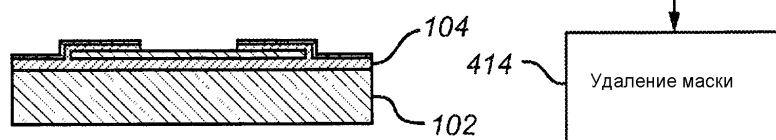
ФИГ.2



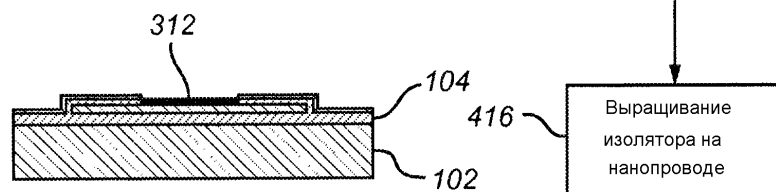
3/3



ФИГ.3f



ФИГ.3g



ФИГ.3h

ФИГ.4