



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2015104778, 12.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**12.07.2013**

Дата регистрации:  
06.06.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2016 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 06.06.2017 Бюл. № 16

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 13.02.2015

(86) Заявка PCT:  
EP 2013/064775 (12.07.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/009516 (16.01.2014)

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

(72) Автор(ы):

ТЕРКИ Феръяль (FR),  
БУССЕКСУ Аззедин (FR),  
ТРАН Кванг Хунг (DK),  
КАМАРА Сулейман (FR),  
КИМ ЧеолГи (KR),  
КИМ Кун Boo (KR),  
ГАНДИ Филипп (FR)

(73) Патентообладатель(и):

ЮНИВЕРСИТЕ ДЕ МОНПЕЛЬЕ (FR),  
САНТР НАСЬОНАЛЬ ДЕ ЛЯ РЕШЕРШ  
СЬЕНТИФИК (С.Н.Р.С) (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SUNJONG OH ET AL: "Analytes kinetics in lateral flow membrane analyzed by cTnI monitoring using magnetic method", SENSORS AND ACTUATORS B: CHEMICAL: INTERNATIONAL JOURNAL DEVOTED TO RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL TRANSDUCERS, ELSEVIER S.A, SWITZERLAND, vol. 160, no. 1, 19 August 2011 (2011-08-19), pages 747-752. US 2010148768 (см. прод.)

(54) МИКРОМАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ СИГНАТУР МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

## (57) Формула изобретения

1. Микромагнитометрическая система для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц вплоть до одиночной магнитной частицы или одиночного магнитного объектаnano- или микромасштаба, содержащая:

- первый магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик, имеющий активную поверхность, включающую в себя магнитную дорожку в форме замкнутого контура, нанесенную на подложку, первый токовый вывод и второй токовый вывод, образующие пару токовых выводов, которые обращены друг к другу, контактируя с магнитной дорожкой в виде замкнутого контура, изготовленной из магнитного материала, первый вывод напряжения и второй вывод напряжения, образующие пару выводов напряжения, которые обращены друг к другу, контактируя с магнитной дорожкой в виде замкнутого контура, и на которых обнаруживают выходное дифференциальное напряжение  $V_b$ , причем первая ось, проходящая через первый и

**R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2**

второй токовые выводы, параллельна направлению поля обменного подмагничивания материала дорожки и перпендикулярна второй оси, проходящей через первый и второй выводы напряжения;

- первый источник тока или напряжения, подсоединененный между первым и вторым токовыми выводами, для подачи тока I посредством этого;

- первое устройство измерения напряжения, подсоединенное между первым и вторым выводами напряжения, для измерения дифференциального напряжения  $V_b$  между парой выводов напряжения;

- набор из по меньшей мере одной магнитной частицы, осажденной на активную поверхность первого магнитного датчика;

- блок обработки для обнаружения из набора различных измеренных дифференциальных напряжений отклонения магнитного потока, характеризующего присутствие по меньшей мере одной осажденной магнитной частицы;

причем магнитная дорожка первого AMR/PHR многокольцевого магнитного датчика имеет:

- первое плечо, изготовленное из первого набора заданного числа  $m$  колец, меньшего чем 18,

дуговых зигзагообразных траекторий, ограниченных пределами первой четверти поверхности первого магнитного датчика, причем наиболее удаленная от центра зигзагообразная траектория соединена с первым токовым выводом, а наиболее близкая к центру зигзагообразная траектория соединена с первым выводом напряжения,

- второе плечо, изготовленное из второго набора того же заданного числа  $m$  дуговых зигзагообразных траекторий, ограниченных пределами второй четверти поверхности первого магнитного датчика, причем наиболее удаленная от центра зигзагообразная траектория соединена со вторым токовым выводом, а наиболее близкая к центру зигзагообразная траектория соединена с вторым выводом напряжения,

- третье плечо, изготовленное из третьего набора того же числа  $m$  колец дуговых зигзагообразных траекторий, ограниченных пределами третьей четверти поверхности первого магнитного датчика, причем наиболее удаленная от центра зигзагообразная траектория соединена со вторым токовым выводом, а наиболее близкая к центру зигзагообразная траектория соединена со вторым выводом напряжения,

- четвертое плечо, изготовленное из четвертого набора того же числа  $m$  колец дуговых зигзагообразных траекторий, ограниченных пределами четвертой четверти поверхности первого магнитного датчика, причем наиболее удаленная от центра зигзагообразная траектория соединена с первым токовым выводом, а наиболее близкая к центру зигзагообразная траектория соединена со вторым выводом напряжения;

- магнитная дорожка представляет собой двухслойную структуру, включающую в себя ферромагнитную пленку и антиферромагнитную пленку, или спин-вентильную структуру, или трехслойную структуру, включающую в себя ферромагнитную пленку, металл и антиферромагнитную пленку;

отличающаяся тем, что

- данная микромагнитометрическая система содержит средство для создания магнитного возбуждающего поля НАС, чтобы заставить каждую магнитную частицу создавать магнитное поле рассеяния,

причем магнитное возбуждающее поле НАС осциллирует со временем с постоянной частотой  $\omega$  в диапазоне от 10 до 3 кГц; и

- магнитные частицы, подлежащие обнаружению, неподвижны и помещены поблизости или в контакте с активной поверхностью магнитной дорожки; и

- ток I, подаваемый первым источником тока или напряжения, проходящий через токовые выводы, представляет собой постоянный ток (DC) или переменный ток (AC),

**R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2**

или сумму постоянного и переменного тока; и

- блок обработки выполнен с возможностью также

предоставления первой калибровочной кривой фонового теплового магнитного отклика первого магнитного датчика без каких-либо магнитных частиц, осажденных на него, в заданном диапазоне температуры, при первых известных заданных физических условиях окружающей среды и при первом наборе известных условий эксплуатации системы в отношении тока, подаваемого первым источником тока или напряжения, и прикладываемого магнитного возбуждающего поля НАС; затем,

после осаждения неизвестного количества магнитных частиц на первый магнитный датчик, определения второй кривой динамики в зависимости от температуры измерений дифференциального напряжения, скорректированных или нет, из набора измерений дифференциального напряжения, выданных от первого магнитного датчика и осуществляемых при изменении температуры в том же заданном диапазоне температуры, при тех же первых известных заданных физических условиях окружающей среды и при том же первом наборе известных условий эксплуатации системы, затем

определения третьей кривой как разности между второй кривой и первой кривой в том же диапазоне температуры; и

обнаружения присутствия по меньшей мере одной магнитной частицы, когда абсолютное значение всех разностей напряжений третьей кривой остается выше заданного порога обнаружения, или когда третья кривая выявляет температурный

интервал, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл;

или,

после осаждения неизвестного количества магнитных частиц на первый магнитный датчик, причем данные магнитные частицы представляют собой молекулярные наночастицы, переключаемые при превышении заданного порога переключения в единицах переключающего физического свойства, которое действует как команда переключения, при изменении величины физического свойства в заданном диапазоне физического свойства при известных заданных физических условиях и при известных условиях эксплуатации системы, определения первой кривой динамики измерений дифференциального напряжения, скорректированных или нет, из динамики измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым магнитным датчиком, в зависимости от величины физического свойства; затем

определения в заданном диапазоне величины физического свойства второй кривой как аппроксимирующую кривую из нижнего участка первой кривой, причем данный нижний участок первой кривой соответствует нижнему интервалу,енному в заданный диапазон физического свойства, причем нижний интервал имеет свою верхнюю границу ниже, чем заданный порог переключения; затем

определения третьей кривой как разности в зависимости от величины переключающего физического свойства между дифференциальными напряжениями первой кривой и дифференциальными напряжениями второй кривой в том же самом диапазоне величины физического свойства; и

обнаружения присутствия магнитных частиц, когда третья кривая выявляет интервал переключающего физического свойства, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем

заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

2. Микромагнитометрическая система по п. 1, дополнительно содержащая первый датчик температуры окружающей среды для измерения температуры

R U C 2 6 2 1 4 8 6 C 2

окружающей среды и/или второй датчик состояния окружающей среды для измерения физического свойства, отличного от температуры окружающей среды, помещенный поблизости от активной поверхности первого активного датчика, причем переключение намагниченности магнитных частиц осуществляется, когда температура или физическое свойство, отличное от температуры, оказывается выше или ниже заданного порога переключения.

3. Микромагнитометрическая система по п. 2, дополнительно содержащая средство для управления и/или регулирования температуры окружающей среды и/или физического свойства окружающей среды, отличного от температуры.

4. Микромагнитометрическая система по любому из пп. 1-3, в которой средство для создания магнитного возбуждающего поля НАС содержит второй источник тока, подающий переменный ток, и по меньшей мере одну катушку, соединенную со вторым источником переменного тока, причем данная по меньшей мере одна катушка расположена по отношению к первому магнитному датчику таким образом, что магнитное возбуждающее поле НАС имеет главный компонент, коллинеарный первой оси.

5. Микромагнитометрическая система по п. 4, дополнительно содержащая средство для создания поля НДС подмагничивания магнитного датчика для сдвига рабочей точки первого магнитного датчика в область наивысшей чувствительности, причем поле НДС подмагничивания магнитного датчика постоянно со временем и коллинеарно магнитному возбуждающему полю НАС, создаваемому средством для создания магнитного возбуждающего поля НАС.

6. Микромагнитометрическая система по п. 5, в которой угол  $\alpha$ , образованный между первой осью, проходящей через первый и

второй токовые выводы, и осью поля НДС подмагничивания магнитного датчика, выбран в диапазоне [0 градусов, 90 градусов] таким образом, что чувствительность магнитного датчика является максимальной, и, предпочтительно, заключен в диапазоне [15 градусов, 25 градусов].

7. Микромагнитометрическая система по любому из пп. 1-3, в которой средство для создания магнитного возбуждающего поля НАС представляет собой источник тока или напряжения, подсоединеный между первым и вторым токовыми выводами, причем источник тока или напряжения выполнен с возможностью генерирования переменного тока (АС), осциллирующего со временем с постоянной частотой  $\omega$  в диапазоне от 10 Гц до 3 кГц, предпочтительно в диапазоне от 50 Гц до 150 Гц.

8. Микромагнитометрическая система по любому из пп. 1-3, дополнительно содержащая второй магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик, имеющий ту же структуру, что и первый магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик,

причем первый и второй магнитные гибридные AMR/PHR многокольцевые датчики помещены поблизости друг от друга на той же подложке при тех же известных физических условиях, для измерения того же магнитного поля, когда магнитные частицы не осаждены на датчики,

причем вторые магнитные гибридные AMR/PHR многокольцевые датчики имеют первый токовый вывод и второй токовый вывод, образующие пару токовых выводов, соединенных параллельно и совместно использующих тот же первый источник тока первого магнитного гибридного AMR/PHR многокольцевого датчика; и причем

данная микромагнитометрическая система выполнена с возможностью

различать первый набор измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым датчиком, соответствующий первой конфигурации, в которой магнитные частицы, подлежащие обнаружению, если они содержатся в наносимом каплями растворе, наносят на первый магнитный датчик и помещают в набор известных условий

С 2  
6 8 4 1 2 6 2  
R U

R U  
2 6 2 1 4 8 6  
C 2

окружающей среды и рабочих параметров системы, и второй

набор контрольных измерений дифференциального напряжения, осуществляемых вторым датчиком, соответствующий второй конфигурации, в которой на него не наносят магнитные частицы, при том же наборе известных физических условий окружающей среды и рабочих параметров системы, и предоставлять соответствующую разностную кривую; и затем

обнаруживать из разностной кривой резкое изменение, соответствующее по меньшей мере минимальному отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

9. Микромагнитометрическая система для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц вплоть до одиночной магнитной частицы или одиночного магнитного объекта нано- или микромасштаба, содержащая:

- первый магнитный гибридный AMR/PHR датчик и второй магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик,

причем первый магнитный гибридный AMR/PHR датчик имеет первую активную поверхность, включающую в себя первую магнитную дорожку, нанесенную на подложку, первый токовый вывод и второй токовый вывод, образующие пару токовых выводов, которые обращены друг к другу, контактируя с первой магнитной дорожкой, изготовленной из магнитного материала, первый вывод напряжения и второй вывод напряжения, образующие пару выводов напряжения, которые обращены друг к другу, контактируя с первой магнитной дорожкой, и на которых обнаруживают выходное дифференциальное напряжение, причем первая ось, проходящая через первый и второй токовые выводы, параллельна направлению поля обменного подмагничивания материала дорожки и перпендикулярна второй оси, проходящей через первый и второй выводы напряжения;

отличающаяся тем, что

данная микромагнитометрическая система содержит второй магнитный гибридный AMR/PHR датчик, помещенный поблизости от второго магнитного гибридного AMR/PHR датчика на той же подложке при тех же известных физических условиях, для измерения того же магнитного поля, когда магнитные частицы не осаждены на датчики,

второй магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик имеет вторую активную поверхность, включающую в себя вторую

магнитную дорожку, нанесенную на ту же подложку, первый токовый вывод и второй токовый вывод, образующие пару токовых выводов, которые обращены друг к другу, контактируя со второй магнитной дорожкой, изготовленной из магнитного материала, первый вывод напряжения и второй вывод напряжения, образующие пару выводов напряжения, которые обращены друг к другу, контактируя со второй магнитной дорожкой, и на которых обнаруживают выходное дифференциальное напряжение, причем первая ось, проходящая через первый и второй токовые выводы, параллельна направлению поля обменного подмагничивания материала дорожки и перпендикулярна второй оси, проходящей через первый и второй выводы напряжения,

первая и вторая магнитные дорожки имеют одну и ту же форму из формы креста, формы однокольцевого замкнутого контура и формы многокольцевого замкнутого контура и имеют одну и ту же слоистую структуру,

причем слоистая структура первой и второй магнитных дорожек представляет собой двухслойную структуру, включающую в себя ферромагнитную пленку и антиферромагнитную пленку, или спин-вентильную структуру, или трехслойную структуру, включающую в себя ферромагнитную пленку, металл и антиферромагнитную пленку;

и тем, что данная микромагнитометрическая система содержит:

- тот же первый источник тока или напряжения, подсоединеный и подающий

**R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2**

параллельно ток I на первый магнитный гибридный AMR/PHR датчик и второй магнитный гибридный AMR/PHR многокольцевой датчик,

- первое устройство измерения напряжения, соединенное своим входом с первым и вторым выводами напряжения первого магнитного гибридного AMR/PHR датчика и второго магнитного гибридного AMR/PHR датчика и выполненное с возможностью определения разностного напряжения между усиленным дифференциальным напряжением, обнаруживаемым на выводах напряжения первого магнитного датчика, и усиленным дифференциальным напряжением, обнаруживаемым на выводах напряжения второго магнитного датчика;

- набор из по меньшей мере одной магнитной частицы, осажденной на активную поверхность первого магнитного датчика;

- блок обработки для обнаружения из набора различных измеренных дифференциальных напряжений, выданных первым устройством измерения напряжения, отклонения магнитного потока, характеризующего присутствие по меньшей мере одной магнитной частицы, осажденной на первый магнитный датчик;

- средство для создания магнитного возбуждающего поля НАС, чтобы заставить каждую магнитную частицу создавать магнитное поле рассеяния, причем магнитное возбуждающее поле НАС осциллирует со временем с постоянной частотой  $\omega$  в диапазоне от 10 до 3 кГц; и тем, что

- магнитные частицы или магнитный объект, подлежащие обнаружению, неподвижны и помещены только поблизости или в контакт с активной поверхностью первой магнитной дорожки; и

- ток I, подаваемый первым источником тока или напряжения, проходящий через токовые выводы, представляет собой постоянный ток (DC), или переменный ток (AC), или сумму постоянного и переменного тока.

10. Микромагнитометрическая система по п. 9, в которой

магнитные частицы или магнитный объектnano- или микромасштаба не наносят на второй датчик, и

блок обработки выполнен с возможностью

после осаждения неизвестного количества магнитных частиц или магнитного объекта на первый магнитный датчик

или

при известных заданных физических условиях

обнаружения присутствия магнитных частиц или магнитного объекта, когда вторая разность в виде разности между первой разностью и контрольной разностью имеет амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения,

причем контрольная разность представляет собой разность между первым измерением напряжения, осуществляемым первым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и вторым измерением напряжения, осуществляемым вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, при тех же известных

заданных физических условиях,

причем первую разность определяют с помощью первого устройства измерения напряжения как разность между первым измерением напряжения, осуществляемым первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и вторым измерением напряжения, осуществляемым вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц,

и причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл,

или

когда магнитные частицы представляют собой молекулярные наночастицы или

**C 2  
6 8 4 1 2 6 2 2 0**

**R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2**

магнитный объект, переключаемые при превышении заданного порога переключения в единицах переключающего физического свойства, которое действует как команда переключения,

при известных заданных физических условиях, при изменении величины физического свойства в заданном диапазоне физического свойства,

определения кривой в виде динамики в зависимости от величины физического свойства разности между первым набором измерений дифференциального напряжения и вторым набором измерений напряжения, причем первый набор измерений напряжения осуществляется первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и второй набор измерений напряжения осуществляется вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и затем

обнаружения присутствия магнитных частиц или магнитного объекта, когда данная кривая выявляет интервал переключающего физического свойства, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

11. Микромагнитометрическая система по любому из пп. 1-3, в которой магнитные частицы принадлежат к семейству:

- Любых переключаемых молекулярных наночастиц в форме  $AhBk[M(CN)_6]_l \cdot mH_2O$ , где A может представлять собой Co, Ni, Fe и т.д., B и M могут представлять собой различные переходные металлы ( $Fe^{II}$ ,  $Fe^{III}$ ,  $Mn^{II}$ ,  $Mn^{III}$ , fml a $Co^{II}$ ,  $Co^{III}$ , ...), и C представляет собой катион щелочного металла;

- Любых парамагнитных частиц:  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe@Fe_3O_4$ ,  $CoFe@Fe_3O_4$ , Ni, ...;

- Любых ферромагнитных частиц: Fe, CoFe, Ni;

- Любых антиферромагнитных частиц: любых частиц с многослойной структурой из наночастиц Ti/Fe, Cr, NiO,  $Co_3O_4$ ,  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ , CuO, MnO,  $Cr_2O_3$ ;

- Любых магнитных гранул, изготовленных из  $Fe_3O_4$  в полимерной матрице, сферической формы и любого размера в диапазоне от 50 нм до 10 мкм.

12. Микромагнитометрическая система по пп. 9 и 10, в которой магнитные частицы принадлежат к семейству:

- Любых переключаемых молекулярных наночастиц в форме  $AhBk[M(CN)_6]_l \cdot mH_2O$ , где A может представлять собой Co, Ni, Fe и т.д., B и M могут представлять собой различные переходные металлы ( $Fe^{II}$ ,  $Fe^{III}$ ,  $Mn^{II}$ ,  $Mn^{III}$ , fml a $Co^{II}$ ,  $Co^{III}$ , ...), и C представляет собой катион щелочного металла;

- Любых парамагнитных частиц:  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe@Fe_3O_4$ ,  $CoFe@Fe_3O_4$ , Ni, ...;

- Любых ферромагнитных частиц: Fe, CoFe, Ni;

- Любых антиферромагнитных частиц: любых частиц с многослойной структурой из наночастиц Ti/Fe, Cr, NiO,  $Co_3O_4$ ,  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ , CuO, MnO,  $Cr_2O_3$ ;

- Любых магнитных гранул, изготовленных из  $Fe_3O_4$  в полимерной матрице, сферической формы и любого размера в диапазоне от 50 нм до 10 мкм.

13. Микромагнитометрический способ обнаружения для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц, осуществляемый микромагнитометрической системой по любому из пп. 1-3, содержащий следующие этапы, на которых

во-первых, калибруют по температуре при первых известных заданных физических условиях первый магнитный датчик посредством предоставления первой калибровочной кривой фонового теплового шума; затем осаждают неизвестное количество магнитных частиц на первый магнитный датчик; затем,

R U C 2 6 2 1 4 8 6 C 2

при тех же первых известных заданных физических условиях, при изменении температуры в заданном диапазоне температуры

выводят вторую кривую в виде динамики измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым датчиком, в зависимости от температуры,

определяют третью кривую в виде разности в зависимости от температуры между дифференциальными напряжениями второй кривой и дифференциальными напряжениями первой кривой в том же диапазоне температуры; и

обнаруживают присутствие магнитных частиц, когда абсолютное значение разностей напряжений третьей кривой остается стабильно выше заданного порога обнаружения, или третья кривая выявляет температурный интервал, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

14. Микромагнитометрический способ обнаружения для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц, осуществляемый микромагнитометрической системой по любому из пп. 1-3, содержащий следующие этапы, на которых

осаждают неизвестное количество магнитных частиц на первый магнитный датчик, причем данные магнитные частицы представляют собой молекулярные наночастицы, переключаемые при превышении заданного порога переключения в единицах переключающего физического свойства, которое действует как команда переключения, затем

на следующем этапе, при известных заданных физических условиях, при изменении величины физического свойства в заданном диапазоне физического свойства

выводят первую кривую в виде динамики измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым датчиком, в зависимости от величины физического свойства; затем

определяют в заданном диапазоне физического свойства вторую кривую как аппроксимирующую кривую от нижнего участка первой кривой, причем данный нижний участок первой кривой соответствует нижнему интервалу, включенному в заданный диапазон физического свойства, имеющего верхнюю границу ниже, чем заданный порог переключения;

определяют третью кривую в виде разности в зависимости от величины переключающего физического свойства между дифференциальными напряжениями первой кривой и дифференциальными напряжениями второй кривой в том же диапазоне величины физического свойства; и

обнаруживают присутствие магнитных частиц, когда третья кривая выявляет интервал переключающего физического свойства, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

15. Микромагнитометрический способ обнаружения по п. 14, в котором переключающее физическое свойство представляет собой температуру, давление, оптическое облучение, электрическое поле, магнитное поле, химические гостевые молекулы.

16. Микромагнитометрический способ обнаружения для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц, осуществляемый микромагнитометрической системой по пп. 9 и 10, содержащий следующие этапы, на которых

во-первых, калибруют по температуре при первых известных заданных физических условиях набор из первого и второго магнитного датчика посредством предоставления

**R U C 2 6 2 1 4 8 6 C 2**

первой калибровочной кривой фонового теплового шума; затем осаждают неизвестного количества магнитных частиц на первый магнитный датчик; затем, при тех же первых известных заданных физических условиях, при изменении температуры в заданном диапазоне температуры

проводят первый набор измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и второй набор измерений дифференциального напряжения, осуществляемых вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и определяют вторую кривую в виде динамики в зависимости от температуры разности между первым набором измерений дифференциального напряжения и вторым набором измерений дифференциального напряжения;

определяют третью кривую в виде разности в зависимости от температуры между дифференциальными напряжениями второй кривой и дифференциальными напряжениями первой кривой в том же диапазоне температуры; и

обнаруживают присутствие магнитных частиц, когда абсолютное значение разностей напряжений третьей кривой остается стабильно выше заданного порога обнаружения, или третья кривая выявляет температурный интервал, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

17. Микромагнитометрический способ обнаружения для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц, осуществляемый микромагнитометрической системой по пп. 9 и 10, содержащий следующие этапы, на которых

осаждают неизвестное количество магнитных частиц на первый магнитный датчик, причем данные магнитные частицы представляют собой молекулярные наночастицы, переключаемые при превышении заданного порога переключения в единицах переключающего физического свойства, которое действует как команда переключения, затем

на следующем этапе, при известных заданных физических условиях, при изменении величины

физического свойства в заданном диапазоне физического свойства

проводят первый набор измерений дифференциального напряжения, осуществляемых первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и второй набор измерений дифференциального напряжения, осуществляемых вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и определяют первую кривую в виде динамики в зависимости от физического свойства разности между первым набором измерений дифференциального напряжения и вторым набором измерений дифференциального напряжения; затем

определяют в заданном диапазоне физического свойства вторую кривую как аппроксимирующую кривую из нижнего участка первой кривой, причем данный нижний участок первой кривой соответствует нижнему интервалу, включенному в заданный диапазон физического свойства, имеющий его верхнюю границу ниже, чем заданный порог переключения;

определяют третью кривую в виде разности в зависимости от величины переключающего физического свойства между дифференциальными напряжениями первой кривой и дифференциальными напряжениями второй кривой в том же диапазоне величины физического свойства; и

обнаруживают присутствие магнитных частиц, когда третья кривая выявляет интервал переключающего физического свойства, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог

**С 2  
С 6  
6 4  
4 1  
1 2  
2 6  
2 1  
1 4  
4 8  
8 6  
6 2  
2 1  
1 2  
2 2**

**Р  
У  
2  
6  
2  
1  
4  
8  
6  
С  
2**

обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

18. Микромагнитометрический способ обнаружения по п. 17, в котором переключающее физическое свойство представляет собой температуру, давление, оптическое облучение, электрическое поле, магнитное поле, химические гостевые молекулы.

19. Микромагнитометрический способ обнаружения для обнаружения присутствия сверхмалых количеств магнитных частиц

вплоть до одиночной магнитной частицы или одиночного магнитного объекта нано- или микромасштаба, осуществляемый микромагнитометрической системой по п. 9 или 10, содержащий следующие этапы, на которых:

осаждают неизвестное количество магнитных частиц или одиночный магнитный объект на первый магнитный датчик, затем

или

при известных заданных физических условиях,

проводят первое измерение напряжения, осуществляемое первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и второе измерение напряжения, осуществляемое вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и определяют первую разность между первым измерением напряжения и вторым измерением напряжения; затем

обнаруживают присутствие магнитных частиц или магнитного объекта, когда вторая разность в виде разности между первой разностью и контрольной разностью имеет амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения,

причем контрольная разность представляет собой разность между первым измерением напряжения, осуществляемым первым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и вторым измерением напряжения, осуществляемым вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, при тех же известных заданных физических условиях, и причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл,

или

когда магнитные частицы представляют собой молекулярные наночастицы или один объект, переключаемый при превышении заданного порога переключения в единицах переключающего физического свойства, которое действует как команда переключения,

при известных заданных физических условиях, при изменении величины физического свойства в

заданном диапазоне физического свойства затем

проводят первый набор измерений напряжения, осуществляемых первым датчиком, который имеет на себе магнитные частицы, и второй набор измерений напряжения, осуществляемых вторым датчиком, который не имеет на себе магнитных частиц, и определяют кривую в виде динамики в зависимости от величины физического свойства разности между первым набором измерений дифференциального напряжения и вторым набором измерений напряжения; затем

обнаруживают присутствие магнитных частиц или магнитного объекта, когда данная кривая выявляет интервал переключающего физического свойства, в котором происходит переход, имеющий амплитуду больше, чем заданный порог обнаружения, причем заданный порог обнаружения соответствует минимальному обнаруживаемому отклонению поля намагниченности, равному 10 нТл.

20. Чувствительная к влажности или газу измерительная система, содержащая микромагнитометрическую систему по любому из пп. 1-3, в которой частицы представляют собой молекулярные наночастицы, переключаемые при превышении

R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2

R U 2 6 2 1 4 8 6 C 2

заданного температурного порога переключения, причем заданный температурный порог переключения зависит от степени влажности окружающей среды или от концентрации в окружающей среде любого пара внешних молекул, и в которой

блок обработки выполнен с возможностью определения степени влажности или концентрации в окружающей среде пара внешних молекул из измерений изменения магнитного поля магнитных частиц, которые чувствительны к степени влажности или к концентрации в окружающей среде пара внешних молекул, и из заданной кривой соответствия между откалиброванной степенью влажности или откалиброванной концентрацией в окружающей среде пара внешних молекул, измеренными с помощью другого способа, и соответствующим

параметром, таким как температурный порог, температура перехода или ширина петли гистерезиса, определенным с помощью изменения магнитного свойства магнитных частиц, обнаруживаемого с помощью микромагнитометрического способа по любому из пп. 13-15.

21. Чувствительная к влажности или газу измерительная система, содержащая микромагнитометрическую систему по п. 9 или 10, в которой частицы представляют собой молекулярные наночастицы, переключаемые при превышении заданного температурного порога переключения, причем заданный температурный порог переключения зависит от степени влажности окружающей среды или от концентрации в окружающей среде любого пара внешних молекул,

и в которой

блок обработки выполнен с возможностью определения степени влажности или концентрации в окружающей среде пара внешних молекул из измерений изменения магнитного поля магнитных частиц, которые чувствительны к степени влажности или к концентрации в окружающей среде пара внешних молекул, и из заданной кривой соответствия между откалиброванной степенью влажности или откалиброванной концентрацией в окружающей среде пара внешних молекул, измеренными с помощью другого способа, и соответствующим параметром, таким как температурный порог, температура перехода или ширина петли гистерезиса, определенным с помощью изменения магнитного свойства магнитных частиц, обнаруживаемого с помощью микромагнитометрического способа по любому из пп. 16-18.

22. Чувствительная к влажности или газу измерительная система по п. 20, в которой пар внешних молекул, которые можно обнаруживать, состоит из внешних молекул семейства, состоящего из  $N_2$ , He,  $I_2$ ,  $CO_2$ , этанола, метанола, 2-пропанола, ацетона,  $D_2O$ ,  $CS_2$ , CO, йода (I), брома (Br), хлора (Cl), бензола, толуола, хлорбензола, бромбензола, йодбензола, дихлорбензола, трихлорбензола, пиразина, пиридина, пиррола, тиофена, фурана, ТГФ.

23. Чувствительная к влажности или газу измерительная система по п. 21, в которой пар внешних молекул, которые можно обнаруживать, состоит из внешних молекул семейства, состоящего из  $N_2$ , He,  $I_2$ ,  $CO_2$ , этанола, метанола, 2-пропанола, ацетона,  $D_2O$ ,  $CS_2$ , CO, йода (I), брома (Br), хлора (Cl), бензола, толуола, хлорбензола, бромбензола, йодбензола, дихлорбензола, трихлорбензола, пиразина, пиридина, пиррола, тиофена, фурана, ТГФ.

(56) (продолжение):

A1, 17.06.2010. US 2006194327 A1, 31.08.2006. RU 2009131746 A, 27.02.2011.