



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010113349/28, 05.09.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.09.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
07.09.2007 US 60/970,678
07.09.2007 FR 0757437(43) Дата публикации заявки: **20.10.2011** Бюл. № 29(45) Опубликовано: **27.12.2012** Бюл. № 36(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **WO 2004077044 A1, 10.09.2004. US**
2003027197 A1, 06.02.2003. US 20060194327 A1,
31.08.2006. RU 2192018 C2, 27.10.2002.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **07.04.2010**(86) Заявка РСТ:
IB 2008/055606 (05.09.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/031129 (12.03.2009)

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул.Б.Спаская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову,
рег.№ 595**

(72) Автор(ы):

ЛЕНГЛЕ Люк (FR)

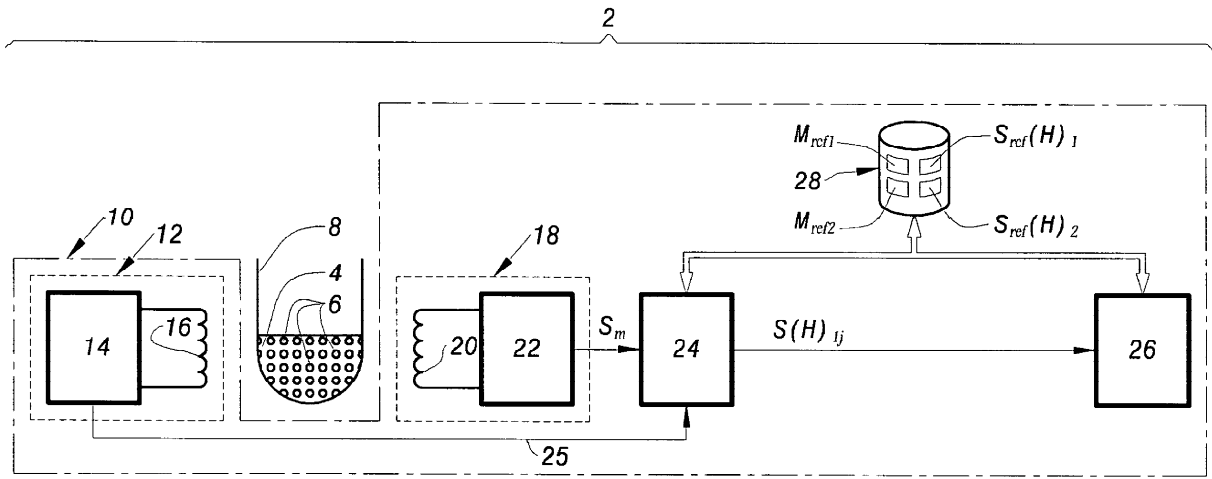
(73) Патентообладатель(и):

**МЕГНАЙСЕНС ТЕКНОЛОДЖИ
ЛИМИТЕД (СУ)****(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА МАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА И
АНАЛИЗАТОР, СОДЕРЖАЩИЙ ЭТО УСТРОЙСТВО**

(57) Реферат:

Предложены способ анализа, устройство и анализатор магнитного материала. В способе намагничивают материал низкочастотным (H_L) и высокочастотным (H_H) магнитными полями. Поле H_H характеризуется частотой f_H . Затем создают сигнатуры магнитного материала, сформированные по меньшей мере из двух точек. Создание содержит получение значения каждой точки $S(H)_p$ посредством измерения за каждый промежуток периода,

амплитуды и фазы гармоники магнитного поля, индуцированного в магнитном материале. Амплитуду и фазу получают только в ответ на намагничивание в течение промежутка периода магнитного поля, причём гармоника имеет частоту nf_H , где n является ненулевым положительным целым числом. Затем идентифицируют и/или определяют массу магнитного материала по нескольким точкам созданной сигнатуры. Техническим результатом является повышение



Фиг. 1

RU 2471170 C2

RU 2471170 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 15/06 (2006.01)
G01N 27/72 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010113349/28, 05.09.2008**

(24) Effective date for property rights:
05.09.2008

Priority:

(30) Convention priority:
07.09.2007 US 60/970,678
07.09.2007 FR 0757437

(43) Application published: **20.10.2011 Bull. 29**

(45) Date of publication: **27.12.2012 Bull. 36**

(85) Commencement of national phase: **07.04.2010**

(86) PCT application:
IB 2008/055606 (05.09.2008)

(87) PCT publication:
WO 2009/031129 (12.03.2009)

Mail address:

129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):
LENGLE Ljuk (FR)

(73) Proprietor(s):
MEGNAJSENS TEKNOLODZhi LIMITED (CY)

RU 2 471 170 C2

RU 2 471 170 C2

(54) **METHOD AND DEVICE FOR ANALYSING MAGNETIC MATERIAL AND ANALYSER HAVING SAID DEVICE**

(57) Abstract:

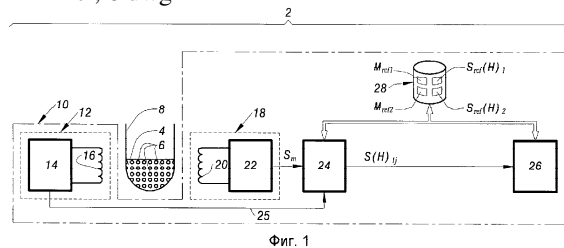
FIELD: physics.

SUBSTANCE: method involves magnetisation of material with low-frequency (H_L) and high-frequency (H_H) magnetic fields. Field H_H is characterised by frequency f_H . Signatures of the magnetic material are created from at least two points. Creation of the signatures involves obtaining the value of each point $S(H)_p$ by measuring, over each period, amplitude and phase of the harmonic of the magnetic field which is induced in the magnetic material. The amplitude and phase are obtained only in response to magnetisation during the period of the magnetic field, wherein the harmonic has frequency nf_H , where n is a non-zero

positive integer. The mass of the magnetic material is then identified and/or determined on several points of the created signature.

EFFECT: high sensitivity of measurement of magnetic material.

24 cl, 8 dwg



Фиг. 1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

По заявке на патент испрашивается приоритет предварительной заявки на патент US 60/970678 от 7 сентября 2007 г. и заявки на патент Франции FR 0757437 от 7 сентября 2007 г.

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для анализа магнитного материала и к анализатору, который содержит это устройство.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Существуют способы измерения массы магнитного материала, содержащие этапы, на которых:

а) намагничивают магнитный материал одновременно:

намагничивающим низкочастотным магнитным полем периодов T_L , причем период T_L содержит по меньшей мере первый и второй промежутки периода, так чтобы среднее значение мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый промежуток периода отличалось от среднего значения его мгновенного значения (напряженности) за второй промежуток периода, при этом каждый промежуток периода имеет продолжительность по меньшей мере в 100 наносекунд, и

намагничивающим высокочастотным магнитным полем, изменение мгновенного значения (напряженности) по времени которого является периодическим с частотой f_H , при этом частота f_H намагничивающего высокочастотного магнитного поля составляет по меньшей мере удвоенную частоту f_L низкочастотного магнитного поля.

Такой способ описан, например, в EP 1262766 для измерения количества магнитных частиц в среде для анализа. Способ работает очень хорошо.

Однако в настоящее время желательно обеспечивать возможность измерения массы магнитного материала, например, имеющегося в среде для анализа, с большей чувствительностью.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩЕСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Одним объектом изобретения является способ измерения массы магнитного материала, также содержащий этапы, на которых:

б) создают сигнатуру $S(H)$ магнитного материала, сформированную по меньшей мере из двух точек $S(H)_p$, при этом создание содержит получение значения каждой точки $S(H)_p$, посредством измерения за каждый промежуток периода, амплитуды гармоника (напряженности) магнитного поля, индуцированного в магнитном материале, причем амплитуду получают в ответ на намагничивание в течение указанного промежутка периода, при этом гармоника имеет частоту nf_H , где n является ненулевым положительным целым числом; и

в) идентифицируют и/или определяют массу магнитного материала по нескольким точкам созданной сигнатуры $S(H)$.

Может быть показано, что сигнатура $S(H)$ приблизительно равна производной n -ого порядка от магнитной индукции B (Тесла) по напряженности магнитного поля H (Ампер на метр). Следовательно, может быть записано следующее уравнение:

$$S(H) = \frac{d^n B(H)}{dH^n} \quad (1)$$

где B является магнитной индукцией как функция от напряженности магнитного поля H .

В EP 1262766 указано, что существует возможность изолировать амплитуду гармоника частоты nf_H . Однако для этого используют только средний результат измерений низкочастотного магнитного поля, сделанных по нескольким периодам T_L .

При этих условиях измеренная амплитуда $S(0)$ приблизительно равна $d^n B(0)/dH^n$, то есть приблизительно равна значению производной n -го порядка от индукции B по (напряженности) магнитного поля для нулевого поля. Соответственно, количество магнитных частиц в среде для анализа определяют только из точки $S(0)$.

Однако в вышеупомянутом способе измерения амплитуду гармоника частоты $n f_H$ измеряют поочередно за первый и второй промежутки периода T_L . Здесь первый и второй промежутки периода выбирают так, чтобы среднее значение мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый промежуток периода было отлично от среднего мгновенного значения (напряженности) этого поля за второй промежуток периода. Здесь, средние значения мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый и второй промежутки периода обозначены как H_1 и H_2 , соответственно. Амплитуды гармоника частоты $n f_H$ за первый и второй промежутки периода приблизительно равны $d^n B(H_1)/dH^n$ и $d^n B(H_2)/dH^n$, соответственно. Значения $d^n B(H_1)/dH^n$ и $d^n B(H_2)/dH^n$ обозначены здесь $S(H_1)$ и $S(H_2)$, соответственно.

Таким образом, созданная сигнатура $S(H)$ состоит по меньшей мере из двух точек $S(H_1)$ и $S(H_2)$. Как в EP 1262766, значение каждой из указанных точек является показательным для массы магнитного материала, находящегося в среде для анализа. Однако в вышеупомянутом способе для идентификации или определения массы магнитного материала используют по меньшей мере две точки $S(H_1)$ и $S(H_2)$ сигнатуры $S(H)$. Использование двух точек $S(H_1)$ и $S(H_2)$ сигнатуры $S(H)$ улучшает помехоустойчивость по сравнению со случаем, в котором используют только одну точку $S(0)$ амплитуды.

Дополнительно, при использовании по меньшей мере двух точек сигнатуры $S(H)$ становится проще отличать магнитные материалы, имеющие отличные сигнатуры, и следовательно, идентифицировать магнитные материалы с использованием вышеупомянутого способа.

Варианты осуществления этого способа могут содержать один или большее количество из следующих этапов, на которых:

а) автоматически идентифицируют магнитный материал как функцию от результата корреляции сигнатуры $S(H)$ с каждой из опорных сигнатур $S_{ref}(H)_i$ из набора нескольких опорных сигнатур, причем каждую опорную сигнатуру $S_{ref}(H)_i$ получают с использованием магнитного материала, отличного от других магнитных материалов, использованных для получения других опорных сигнатур, при этом первый и второй магнитные материалы считают отличными друг от друга, если коэффициент β корреляции между членами совокупности, определенный следующим уравнением, меньше 0,95

$$\beta = \left[\int_{H_1} \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH \right] / \sqrt{\left(\int_{H_1} \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\int_{H_1} \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)}$$

где $\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n -го порядка магнитной индукции по (напряженности) магнитного поля первого и второго магнитных материалов, соответственно, n является числом, идентичным числу, определяющему гармонику частоты $n f_H$; и

$\int_{H_1} dH$ указывает, что интегрирование выполняют идентичным образом для обоих,

первого и второго, магнитных материалов по замкнутому контуру, описывающему круг, начинающийся с H_{\min} , проходящий через H_{\max} и возвращающийся к H_{\min} , где H_{\min} и H_{\max} являются минимумом и максимумом (напряженности) магнитного поля намагничивания, соответственно;

б) определяют массу, для чего:

умножают несколько точек сигнатуры $S(H)$, соответственно, на каждую соответствующую точку опорной сигнатуры $S_{\text{ref}}(H)_i$, измеренную при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала; и

вычисляют массу гомогенного магнитного материала как функцию от результата этого умножения;

с) идентифицируют и/или определяют массу магнитного материала также по меньшей мере на основе одной опорной сигнатуры $S_{\text{ref}}(H)_i$, измеренной при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала;

д) создают сигнатуру $S(H)$ магнитного материала путем получения значения каждой точки $S(H)_p$ посредством измерения, за каждый промежуток периода, амплитуды и фазы гармоники магнитного поля, индуцированного в магнитном материале, при этом амплитуду и фазу получают в ответ на намагничивание в течение указанного промежутка периода.

Указанные варианты осуществления способа также имеют следующие преимущества:

- использование результата корреляции сигнатуры $S(H)$ с каждой из опорных сигнатур $S_{\text{ref}}(H)_i$ обеспечивает возможность автоматической и надежной идентификации массы магнитного материала; и

- поточечное умножение сигнатуры $S(H)$ на опорную сигнатуру $S_{\text{ref}}(H)_i$ способствует улучшению отношения сигнала к шуму и, следовательно, чувствительности способа.

Объектом изобретения также является способ анализа совокупности нескольких различных магнитных материалов, причем первый и второй магнитные материалы считают отличными друг от друга, если коэффициент корреляции β между членами совокупности, определенный следующим уравнением, меньше 0,95

$$\beta = \left[\int_H \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH \right] / \sqrt{\left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)}$$

где

$\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n -го порядка магнитной индукции

по (напряженности) магнитного поля первого и второго магнитных материалов, соответственно, n является ненулевым положительным целым числом; и

$\int_H dH$ указывает, что интегрирование выполняют идентичным образом для первого и

второго магнитных материалов по замкнутому контуру, формирующему круг, начинающийся с H_{\min} , проходящий H_{\max} и возвращающийся к H_{\min} , причем H_{\min} и H_{\max} являются минимумом и максимумом, соответственно, (напряженности) магнитного поля намагничивания, при этом идентификация и/или определение (90)

состоят/состоит в идентификации и/или определении массы по меньшей мере одного из магнитных материалов совокупности на основе нескольких точек сигнатуры $S(H)$ и нескольких сигнатур $S_{\text{ref}}(H)_i$, каждую из которых измеряют при идентичных условиях на опорной массе каждого из магнитных материалов совокупности.

Согласно изобретению, слово совокупность означает только наличие различных магнитных материалов. Указанные материалы могут быть связаны или нет и/или присутствовать в одной твердой или жидкой фазе.

Вышеупомянутый способ имеет преимущество в обеспечении возможности идентификации и измерения массы определенного магнитного материала в совокупности из нескольких различных магнитных материалов.

Варианты осуществления указанного способа анализа совокупности магнитных материалов могут содержать следующий этап, на котором:

определяют массу каждого из магнитных материалов в совокупности магнитных материалов путем решения следующего матричного уравнения:

$$\begin{bmatrix} S(H)_1 \\ S(H)_2 \\ \vdots \\ S(H)_P \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_Q \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} S_{ref}(H)_{11} \cdots S_{ref}(H)_{1P} \\ S_{ref}(H)_{21} \cdots S_{ref}(H)_{2P} \\ \vdots \\ S_{ref}(H)_{Q1} \cdots S_{ref}(H)_{QP} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N(H)_1 \\ N(H)_2 \\ \vdots \\ N(H)_P \end{bmatrix}^T$$

где

Q является количеством опорных сигнатур, Q равно или больше количества различных магнитных материалов, находящихся в совокупности;

P является количеством точек каждой сигнатуры, P равно или больше двух;

$S(H)_j$ является j-ой точкой сигнатуры S(H);

α_i является отношением массы, которая должна быть измерена, для магнитного материала, имеющего сигнатуру $S_{ref}(H)_i$, к опорной массе, использованной для создания сигнатуры $S_{ref}(H)_i$;

$S_{ref}(H)_{ij}$ является j-ой точкой сигнатуры $S_{ref}(H)_i$;

$N(H)_j$ является j-ой точкой сигнала, представляющего шум, добавляемый к измерению сигнатуры S(H); и

"T" является символом функции транспонирования.

Этот вариант осуществления способа анализа совокупности магнитных материалов также имеет следующее преимущество:

- решение вышеупомянутого матричного уравнения обеспечивает возможность одновременного получения массы каждого из магнитных материалов, содержащихся в совокупности.

Варианты осуществления указанных способов анализа могут также содержать следующий отличительный признак:

- мгновенное значение (напряженности) низкочастотного магнитного поля в течение каждого из промежутков периода является постоянным.

Объектом изобретения также является устройство для анализа магнитного материала, содержащее:

а) генератор, выполненный с возможностью намагничивания магнитного материала одновременно:

намагничивающим низкочастотным магнитным полем периодов T_L , причем период T_L содержит по меньшей мере первый и второй промежутки периода, так чтобы среднее значение мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый промежуток периода было отлично от среднего значения его мгновенного значения (напряженности) за второй промежуток периода, при этом каждый промежуток периода имеет продолжительность по меньшей мере 100 наносекунд, и

намагничивающим высокочастотным магнитным полем, изменение мгновенного

значения (напряженности) по времени которого является периодическим с частотой f_H , при этом частота f_H намагничивающего высокочастотного магнитного поля составляет по меньшей мере удвоенную частоту f_L низкочастотного магнитного поля, устройство также содержит:

5 б) конструктор сигнатуры для создания сигнатуры $S(H)$ магнитного материала, сформированной по меньшей мере из двух точек $S(H)_p$, при этом конструктор выполнен с возможностью получения значения каждой точки $S(H)_p$ посредством измерения, за каждый промежуток периода, амплитуды и, возможно, фазы гармоники магнитного поля, индуцированного в магнитном материале, при этом амплитуду и фазу получают в ответ на намагничивание в течение указанного промежутка периода, при этом гармоника имеет частоту $\underline{n}f_H$, где \underline{n} является ненулевым положительным целым числом; и

15 с) блок идентификации и/или определения массы магнитного материала на основе нескольких точек созданной сигнатуры $S(H)$.

В первом определенном варианте осуществления изобретения, применяемом для детектирования или для количественного определения биологического или химического компонента в образце, совокупность получают следующим образом:

20 первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

25 осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения указанного компонента;

35 анализ полученной таким образом совокупности магнитных материалов обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения указанного компонента.

Во втором определенном варианте осуществления изобретения, применяемом для детектирования или количественного определения по меньшей мере двух биологических или химических компонентов в образце, совокупность получают посредством смешивания образца:

40 с первым магнитным материалом, который образует связь с первым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения упомянутого компонента;

45 и со вторым отличным магнитным материалом, который образует связь со вторым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения упомянутого компонента.

В третьем варианте осуществления изобретения, применяемом для детектирования или количественного определения по меньшей мере двух биологических или химических компонентов в образце, совокупность получают посредством смешивания образца:

с первым магнитным материалом, который образует связь с биологическим или

химическим компонентом, который должен быть определен количественно, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения упомянутого компонента; и

5 со вторым отличным магнитным материалом, который является инертным по отношению к вышеупомянутому компоненту.

Объектом изобретения также является устройство для анализа совокупности различных магнитных материалов, в котором блок идентификации и/или определения выполнен с возможностью идентификации и/или определения массы по меньшей мере
10 одного из магнитных материалов совокупности на основе нескольких точек созданной сигнатуры $S(H)$ и нескольких сигнатур $S_{ref}(H)_i$, каждую из которых измеряют при идентичных условиях на опорной массе каждого из магнитных материалов совокупности.

И, наконец, объектом изобретения является анализатор для анализа среды для
15 анализа, которая может содержать по меньшей мере один биологический и/или химический компонент, материал, который должен быть проанализирован, содержащий магнитные частицы, связанные с компонентом или реагентом для обеспечения возможности детектирования и/или количественного определения
20 компонента, при этом анализатор содержит:

резервуар для содержания среды для анализа; и

устройство для измерения массы группы находящихся в среде для анализа магнитных частиц, причем результат этого измерения пропорционален количеству
25 находящегося в среде для анализа компонента, который должен быть проанализирован.

В одном варианте осуществления, анализатор предназначен для анализа среды, содержащей по меньшей мере два отличных магнитных материала. В частности, он может быть выполнен с возможностью реализации различных режимов применения
30 для детектирования или количественного определения вышеупомянутых биологических или химических компонентов.

Изобретение будет более понятно при прочтении последующего описания, приведенного, согласно чертежам, исключительно в виде возможного варианта, не накладывающего ограничений.

35 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В дальнейшем изобретение поясняется описанием предпочтительного варианта воплощения со ссылками на сопроводительные чертежи, на которых:

40 Фиг.1 изображает схему анализатора для анализа смеси биологических и/или химических компонентов, находящихся в среде для анализа;

Фиг.2 изображает временную диаграмму, показывающую форму волны низкочастотного магнитного поля, используемого в анализаторе фиг.1;

фиг.3 изображает блок-схему способа анализа магнитного материала, выполняемого в анализаторе;

45 фиг.4 изображает диаграмму, второй производной магнитной индукции по напряженности магнитного поля для двух отличных магнитных материалов;

фиг.5 изображает блок-схему способа анализа совокупности отличных магнитных материалов, который может быть выполнен в анализаторе;

50 фиг.6 и фиг.7 изображает временные диаграммы, иллюстрирующие отличные формы волны низкочастотного магнитное поля, которые могут быть выполнены в анализаторе;

фиг.8 изображает диаграмму характеристики магнитной индукции (\vec{B})

суперпарамагнитного материала, в зависимости от напряженности магнитного поля (\vec{H}), приложенного к материалу.

ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ВОПЛОЩЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 В описании признаки и функции, которые известны специалистам в данной области техники, не будут описаны подробно.

Кроме того, здесь два магнитных материала определяют как идентичные друг другу, если коэффициент β корреляции между членами совокупности, определенный

$$10 \beta = \frac{\int_H \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH}{\sqrt{\left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)}}$$

где

15 $\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n-го порядка от магнитной

индукции B по напряженности магнитного поля H первого и второго магнитных материалов, соответственно, n является тем же целым числом, обозначающим

20 гармонику частоты $n f_H$ в магнитном поле, индуцированном в магнитном материале, который должен быть проанализирован; и

$\int_H dH$ указывает, что интегрирование выполняется идентичным образом для обоих,

первого и второго, магнитных материалов по замкнутому контуру, описывающему 25 круг, начинающийся с H_{min} , проходящий через H_{max} и возвращающийся в H_{min} , где H_{min} и H_{max} являются минимумом и максимумом напряженности магнитного поля намагничивания, соответственно.

30 Считается, что два магнитных материала отличаются друг от друга, если указанный коэффициент β меньше a .

Значением a является значение в диапазоне от 0,5 до 0,95. Предпочтительно от 0,85 до 0,95, например равно 0,9 или 0,95. В последующем варианте осуществления значение a принимается равным 0,95.

35 На фиг.1 показан анализатор 2 для анализа среды 4, которая может содержать по меньшей мере один биологический и/или химический компонент.

40 Среда для анализа содержит магнитные частицы 6, связанные с компонентом или реагентом для обеспечения возможности детектирования или количественного определения компонента. Этим реагентом может быть реагент, образующий связь с компонентом. Этим реагентом может быть аналог компонента, обеспечивающий возможность конкурирования с компонентом при реакции образования связи с другим присутствующим элементом.

45 В этом возможном варианте предполагается, что химический или биологический компонент, который должен быть проанализирован, образует связь с магнитными частицами. Эти магнитные частицы имеют нелинейный цикл намагничивания $B(H)$ для (напряженности) магнитного поля намагничивания, значение которой изменяется между H_{min} и H_{max} . Под термином "цикл намагничивания" здесь подразумевается кривая, представляющая изменение магнитной индукции B в магнитных частицах, как функции от значения (напряженности) магнитного поля H намагничивания.

50 В этом примере магнитные частицы представляют собой гранулы 6 из суперпарамагнитного материала. Указанные гранулы имеют наибольший диаметр, обычно от 1 до 100 нанометров. Используемые здесь суперпарамагнитные материалы,

например, идентичны описанным в заявке на патент Франции FR 0510278. Цикл намагничивания указанных суперпарамагнитных материалов также проявляет строгую нелинейность для магнитного поля нулевого намагничивания. Эта строгая нелинейность проявляется в наличии экстремума для нулевого магнитного поля в третьей производной магнитной индукции по напряженности магнитного поля. Указанный экстремум, по абсолютному значению, является наибольшим из экстремумов третьей производной магнитной индукции.

Совокупность гранул 6 формирует магнитный материал, для простоты называемый "магнитным материалом 6".

Анализатор 2 содержит резервуар 8 для содержания среды 4 для анализа и устройство 10 для анализа магнитного материала, содержащегося в среде 4.

Термин "среда для анализа" подразумевает разграниченную зону резервуара, показания которой снимает устройство измерения.

В виде возможного варианта, резервуаром может быть миниатюрная колонна, заполненная пористым материалом(ами) или тестовая полоска, содержащая по меньшей мере один пористый материал, альтернативно, содержащийся в пакете. Такие резервуары обычно используют в областях диагностики и исследования и измерения загрязняющих веществ (см. например, EP 1262766).

Устройство 10 содержит генератор 12 магнитного поля намагничивания, разработанный для создания магнитной индукции в материале 6.

Например, генератор 12 формируют из источника 14 тока, подсоединенного к катушке 16 (индуктивности). Источник 14 выполнен с возможностью генерирования электрического тока, формируемого наложением низкочастотного сигнала и высокочастотного сигнала. Например, здесь низкочастотным сигналом является ступенчатый периодический сигнал, при этом высокочастотный сигнал является синусоидальным. Низкочастотный сигнал имеет частоту f_L , по меньшей мере в десять раз меньшую частоты f_H высокочастотного сигнала. Как правило, частота f_H находится между 1 кГц и 10 МГц.

Катушка 16 преобразовывает этот электрический сигнал в намагничивающее магнитное поле, близкое к материалу 6. Результирующее намагничивающее магнитное поле формируется наложением низкочастотного намагничивающего магнитного поля H_L и высокочастотного намагничивающего магнитного поля H_H , создаваемых низкочастотным электрическим сигналом и высокочастотным электрическим сигналом, соответственно.

На фиг.2 показано изменение мгновенного значения напряженности магнитного поля H_L по времени.

Здесь каждый период T_L (напряженности) магнитного поля H_L разделен на g промежутков T_p одинаковой продолжительности, где g является целым числом, равным или большим 2. Здесь должен быть идентифицирован магнитный материал, находящийся в резервуаре 8, при этом количество g должно быть равным или большим 3 и, предпочтительно, равным или большим 20. В противном случае, то есть, если отсутствует потребность в идентификации магнитного материала, то количество g может быть равным 2. Для иллюстрации, здесь число g равно 20.

В каждом промежутке T_p мгновенное значение (напряженности) поля H_L является постоянным и обозначено H_{L1} . Соответственно, в течение первого промежутка T_1 периода T_L мгновенное значение (напряженности) магнитного поля H_L является постоянным и равно H_{L1} . В течение второго промежутка T_2 мгновенное значение (напряженности) магнитного поля H_L является постоянным и равно H_{L2} . Здесь в

течении периода T_L значение (напряженности) магнитного поля H_L принимает одиннадцать отличных значений H_{Lj} , находящихся между H_{min} и H_{max} .

Продолжительность каждого промежутка T_P составляет по меньшей мере 100 наносекунд. Обычно продолжительность промежутка T_P составляет между 100 наносекундами и 10 секундами и, предпочтительно, находится между 1 микросекундой и 10 секундами.

(Напряженность) магнитного поля H_H намагничивания является синусоидальной и имеет частоту f_H .

Устройство 10 также содержит датчик 18 для детектирования магнитной индукции B , создаваемой в материале 6. Например, датчик 18 измеряет магнитное поле, созданное магнитной индукцией B в материале 6, и формирует соответствующий сигнал S_m измерения. Например, датчик 18 содержит катушку 20 измерения, подсоединенную ко входу аналого-цифрового преобразователя 22. Датчик 18 может быть заменен другими датчиками, например такими, как датчик Холла, SQUID (сверхпроводящий квантовый интерференционный датчик), устройство GMR (на эффекте супермагниторезистивности) или устройство AMR (на эффекте анизотропной магниторезистивности).

В заключение, устройство 10 содержит конструктор 24 сигнатуры для создания сигнатуры $S(H)$ и блок 26 идентификации и определения массы материала 6.

Конструктор 24 выполнен с возможностью измерения амплитуды гармоники магнитной индукции в материале 6, полученной только в ответ на намагничивание в течение одного промежутка периода T_P . Каждое измерение в течение промежутка T_P формирует точку $S(H)_{1P}$ сигнатуры $S(H)$ магнитного материала.

Конструктор 24 соединен с памятью 28 для записи отличных точек сигнатуры $S(H)$ в этой памяти. Конструктор 24 также соединен с генератором 12 через линию 25 связи для синхронизации с указанным генератором. В заключение, конструктор 24 соединен с входом блока 26.

Блок 26 выполнен с возможностью идентификации магнитного материала и определения массы находящегося в среде 4 для анализа магнитного материала, на основе нескольких точек сигнатуры $S(H)$. Для этого блок 26 также соединен с памятью 28.

Память 28 содержит опорные сигнатуры $S_{ref}(H)_1$ и $S_{ref}(H)_2$ и опорные массы M_{ref1} и M_{ref2} , используемые для получения указанных опорных сигнатур.

Теперь будет более подробно описана работа анализатора 2, согласно способу, представленному на фиг.3, в определенном случае, в котором все частицы 6 выполнены из одного магнитного материала.

Способ применяют для детектирования и/или количественного определения биологического и/или химического компонента (вещества, определяемого при анализе), который может присутствовать в среде. Следовательно, средой для анализа является образец или фракция образца среды, которая должна быть исследована, которые были внесены при наличии магнитных частиц или реагента, или аналога, связанных с этими частицами. Согласно предпочтительному режиму работы, определяют массу магнитного материала, который сконцентрирован с фракцией среды для анализа в разграниченной зоне резервуара, обычно называемой зоной реакции или зоной детектирования в областях диагностики или исследования загрязняющих веществ. Резервуар может быть определен как вышеупомянутый резервуар. Магнитный материал может быть сконцентрирован в разграниченной зоне посредством фиксации вещества, определяемого при анализе, и/или возможного

образования связи партнеров или реагентов, при наличии магнитных гранул, в частности, связанных с одним из этих элементов, с лигандом, особенно с лигандом, зафиксированным на неподвижной опоре в зоне детектирования. Как, по существу, известно, в частности, в области диагностики, реакция может быть типа «сэндвич», из

5

блокирования или конкуренции.
В виде возможного варианта, при испытании типа «сэндвич», предназначенном для детектирования и количественного определения антигена, веществом, определяемым при анализе, является антиген, реагентом является меченое антитело, то есть нечто,

10

связанное с магнитными частицами, и лигандом является определенное антитело для антигена. Анализатор детектирует сигнал, испускаемый реагентом, связанным с веществом, определяемым при анализе, которое само связано с лигандом.
Также предполагается, что магнитный материал, используемый для создания

15

гранул 6, выбирают из группы, состоящей только из двух отличных магнитных материалов, называемых магнитным материалом вида 1 и магнитным материалом вида 2, соответственно.
На фиг.4 изображено в виде кривой 40 изменение второй производной магнитной индукции B как функции от напряженности магнитного поля H для магнитного

20

материала вида 1 между значениями H_{\min} и H_{\max} . Здесь магнитным материалом вида 1 является суперпарамагнитный материал. Более точно, этот материал формируют из гранул, называемых "магнитными частицами SeraMag®", поставляемых Seradyn, Inc. Указанные гранулы имеют ссылку "3075050255 SeraMag® Magnetic Carboxylate-Modified Ferrofluid". Этот магнитный материал вида 1, в частности, проявляет отсутствие

25

гистерезиса. Дополнительно, кривая 40 имеет минимум напряженности магнитного поля намагничивания, равный H_1 .
Кривая 40 также имеет максимум напряженности магнитного поля намагничивания, равный H_2 .

30

Кривая 42 на фиг.4 изображает изменение второй производной магнитной индукции по напряженности магнитного поля для магнитного материала вида 2 между значениями H_{\min} и H_{\max} .

Указанный магнитный материал вида 2, например, формируют из частиц MagPrep®, поставляемых Merck KGaA и имеющих ссылку 1.01193.0050 "Silica particles MagPrep®".

35

В отличие от магнитного материала вида 1, магнитный материал вида 2 проявляет гистерезис.
Во-первых, способ анализа магнитного материала 6 начинается со стадии 36 калибровки устройства 10.

40

На стадии 36, на этапе 38, в резервуар 8 помещают известную опорную массу M_{ref1} магнитного материала вида 1.

Затем, на этапе 44, генератор 10 намагничивает магнитный материал, помещенный в резервуар 8, магнитными полями H_L и H_H одновременно. Это приводит к намагничивающему магнитному полю, спектр мощности которого имеет два пика, которые доминируют над всеми остальными пиками на частотах f_L и f_H , соответственно. В ответ на это намагничивающее магнитное поле в различных частицах магнитного материала вида 1, который помещен в резервуар 8, наводится магнитная индукция. Магнитная индукция приводит к созданию магнитного поля, которое может быть измерено датчиком 18. Это магнитное поле, созданное магнитной индукцией в магнитном материале вида 1, имеет гармоники во многих частотах, кратных частоте f_H . Вид этой гармоники обусловлен нелинейностями цикла намагничивания $B(H)$ магнитного материала вида 1.

45

50

Одновременно, на этапе 46, датчик 18 измеряет магнитное поле, возникающее от магнитной индукции, созданной внутри магнитного материала вида 1. Затем передается соответствующий сигнал S_m измерения в конструктор 24 сигнатуры.

Затем, на этапе 48, конструктор 24 создает сигнатуру $S_{ref}(H)_1$. Для этого конструктор создает первую точку $S_{ref}(H)_{11}$ сигнатуры $S_{ref}(H)_1$ только на основе измерений, сделанных датчиком 18 в течение промежутка T_1 . Здесь конструктор измеряет амплитуду и фазу гармоники частоты $2f_H$. За этот промежуток T_1 амплитуда гармоники частоты $2f_H$ приблизительно равна абсолютному значению $S_{ref}(H)_{11}$. Фаза этой гармоники дает знак $S_{ref}(H)_{11}$.

Например, для измерения значения точки $S_{ref}(H)_{11}$ конструктор 24 выполняет операцию 50 фильтрации на сигнале S_m , с учетом измерений, сделанных только в течение промежутка T_1 . Например, операция 50 является синхронизированной операцией демодуляции. Для этого в субоперации 52 каждую точку сигнала S_m в течение промежутка T_1 умножают на соответствующую точку синусоиды частоты $2f_H$. Эта синусоида является синхронизированной по фазе с магнитным полем H_H посредством линии 25 связи.

Затем, в субоперации 54, результат каждого умножения складывают в сумматоре.

В конце промежутка T_1 , в субоперации 56, результат, содержащийся в сумматоре, делят на количество сложенных друг с другом результатов умножений. Результат этого деления выводится конструктором 24 в качестве значения точки $S_{ref}(H)_{11}$.

Затем сумматор сбрасывают и субоперации 52 до 56 выполняют для значений, измеренных датчиком 18 в течение следующего промежутка T_2 .

Соответственно, конструктор 24 измеряет последовательно значения точек от $S_{ref}(H)_{11}$ до $S_{ref}(H)_{1N}$.

Этап 48 может быть повторен по нескольким последовательным периодам T_L намагничивающего низкочастотного магнитного поля, как иллюстрирует восходящая пунктирная стрелка (фиг.3).

Например, здесь предполагается, что такое имеет место, и что этап 48 повторяется в течение N последовательных периодов T_L . Соответственно, сигнатура $S_{ref}(H)_1$ содержит $N \times r$ точек, обозначенных с $S_{ref}(H)_{11}$ по $S_{ref}(H)_{1N \times r}$. Желательно, N больше 1 и, предпочтительно, больше 10.

Затем, на этапе 58, различные точки сигнатуры $S_{ref}(H)_1$ и значение массы M_{ref1} записывают в памяти 28.

Затем этапы с 38 по 58 повторяют, при этом магнитный материал вида 1 заменяют на магнитный материал вида 2.

Соответственно, после стадии калибровки 36, память 28 содержит сигнатуры $S_{ref}(H)_1$ и $S_{ref}(H)_2$ и опорные массы M_{ref1} и M_{ref2} .

Затем может быть начата стадия 60 измерения неизвестной массы магнитного материала вида 1 или вида 2.

В начале стадии 60, на этапе 62, неизвестную массу магнитного материала вида 1 или вида 2 помещают в резервуар 8. Затем выполняют этапы 64, 66 и 68, которые, например, идентичны этапам 44, 46 и 48 соответственно. Затем, на этапе 70, каждый раз конструктор 24 создает новую точку $S(H)_P$ сигнатуры $S(H)$, и эту точку передают непосредственно в блок 26. Суффикс P представляет порядковый номер точки в сигнатуре.

Блок 26 выполняет стадию 72 автоматической идентификации магнитного материала, помещенного в резервуар 8.

Стадия 72 начинается с этапа 74 вычисления двух коэффициентов корреляции между членами совокупности α_1 и α_2 , с использованием следующей формулы:

$$\alpha_1 = \left[\sum_{P=1}^{Nr} S(H)_P S_{ref}(H)_{1P} \right] / \sqrt{\sum_{P=1}^{Nr} (S(H)_P)^2 \sum_{P=1}^{Nr} (S_{ref}(H)_{1P})^2} \quad (3)$$

$$\alpha_2 = \left[\sum_{P=1}^{Nr} S(H)_P S_{ref}(H)_{2P} \right] / \sqrt{\sum_{P=1}^{Nr} (S(H)_P)^2 \sum_{P=1}^{Nr} (S_{ref}(H)_{2P})^2} \quad (4)$$

Затем, на этапе 76, если коэффициент α_1 больше коэффициента α_2 , то магнитный материал, находящийся в резервуаре 8, идентифицируют как магнитный материал вида 1. Напротив, если коэффициент α_1 меньше коэффициента α_2 , то магнитный материал, находящийся в резервуаре 8, идентифицируют как магнитный материал вида 2.

Следует отметить, что вычисление указанных коэффициентов корреляции между членами совокупности содержит поточечное умножение сигнатуры $S(H)$ на сигнатуру $S_{ref}(H)_1$ или $S_{ref}(H)_2$. Указанная операция умножения созданной сигнатуры на опорную сигнатуру, полученную при измерении при идентичных условиях опорной массы идентичного магнитного материала, обеспечивает возможность весьма эффективного устранения шума, добавляемого к сигнатуре $S(H)$. Следовательно, это существенно улучшает чувствительность способа анализа.

Такое поточечное умножение здесь фигурирует в следующем выражении:

$$\sum_{P=1}^{Nr} S(H)_P S_{ref}(H)_{iP} \quad (5)$$

Здесь предполагается, что на стадии 72 материал, который должен быть проанализирован, идентифицирован как материал вида 1.

Затем, блок 26 выполняет стадию 80 определения массы анализируемого магнитного материала.

В начале стадии 80, на этапе 82, блок 26 определяет массу M магнитного материала в резервуаре 8 посредством выбора наибольшего из коэффициентов среди α_1 и α_2 и затем выполнения следующей операции (α_1 является гипотезой)

$$M = \alpha_1 M_{ref1} \quad (6)$$

где

α_1 представляет коэффициент корреляции между членами совокупности сигнатуры $S(H)$ с сигнатурой $S_{ref}(H)_1$, полученной на этапе 72;

M_{ref1} представляет опорную массу, из которой была получена сигнатура $S_{ref}(H)_1$; и M является массой анализируемого магнитного материала.

Следовательно, преимущество можно получить из того свойства, что коэффициент корреляции между членами совокупности α_1 прямо пропорционален отношению массы M к массе M_{ref1} .

На фиг.5 представлена блок-схема способа анализа совокупности отличных магнитных материалов, который может быть выполнен в анализаторе 2. Здесь предполагается, что совокупность сформирована из смеси магнитных материалов вида 1 и вида 2.

Способ на фиг.5 идентичен способу на фиг.3 за исключением того, что стадии 72 и 80 заменены стадией 90 идентификации и одновременно определения массы каждого из магнитных материалов, находящихся в совокупности.

В начале стадии 90, на этапе 92, блок 26 определяет коэффициенты корреляции между членами совокупности α_1 и α_2 посредством решения следующего матричного уравнения:

$$\begin{matrix} 5 \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix}
 \begin{bmatrix} S(H)_1 \\ S(H)_2 \\ \vdots \\ S(H)_P \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_Q \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} S_{ref}(H)_{11} \cdots S_{ref}(H)_{1P} \\ S_{ref}(H)_{21} \cdots S_{ref}(H)_{2P} \\ \vdots \\ S_{ref}(H)_{Q1} \cdots S_{ref}(H)_{QP} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N(H)_1 \\ N(H)_2 \\ \vdots \\ N(H)_P \end{bmatrix}^T$$

где

$S(H)_j$ является j -й точкой сигнатуры $S(H)$;

α_i является отношением массы, которая должна быть измерена, магнитного материала, имеющего сигнатуру $S_{ref}(H)_i$, к опорной массе M_{refi} , используемой для создания сигнатуры $S_{ref}(H)_i$;

$S_{ref}(H)_{ij}$ является j -й точкой сигнатуры $S_{ref}(H)_i$;

$N(H)_j$ является j -й точкой сигнала, представляющего шум, добавляемый к измерению сигнатуры $S(H)$; и

" T " является символом функции транспонирования.

В указанном матричном уравнении (7) P представляет количество точек, содержащихся в сигнатуре $S(H)$, при этом Q представляет количество опорных сигнатур. Соответственно, в определенном случае, описанном здесь, Q равно 2, и P равно Nr . На этапе 90 указанное матричное уравнение решают, например, с использованием псевдообратного способа. Этот способ дает следующее решение вышеупомянутого матричного уравнения:

$$\hat{V}_{1Q} = S(H)_{1P} S_{ref}^T(H)_{QP} (S_{ref}(H)_{QP} S_{ref}^T(H)_{QP})^{-1} \quad (8)$$

где

\hat{V}_{1Q} является вектором $[\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M]$;

$S(H)_{1P}$ является вектором $[S(H)_1, S(H)_2, \dots, S(H)_P]$;

$S_{ref}(H)_{QP}$ является матрицей размерности $Q \times P$, фигурирующей в матричном уравнении (7);

" T " является функцией транспонирования; и

" -1 " является обратной функцией.

Затем, на этапе 94, определяют массу M_i каждого из магнитных материалов, находящихся в совокупности, содержащейся в резервуаре 8, согласно следующему уравнению:

$$M_i = \alpha_i M_{refi} \quad (9)$$

где

M_{refi} является опорной массой, используемой для установления сигнатуры $S_{ref}(H)_i$ магнитного материала вида i .

Соответственно, последний способ имеет преимущество в обеспечении возможности анализа смеси из нескольких отличных магнитных материалов, и следовательно, смеси из нескольких биологических или химических компонентов, одновременно обеспечивая то, что присутствие каждого из биологических или химических компонентов выявляют посредством частиц магнитных материалов, отличных от тех, которые используют для выявления других биологических или химических компонентов, находящихся в этой же смеси.

В первом варианте осуществления выполняют магнитное концентрирование, сопровождаемое детектированием и/или количественным определением. Магнитное концентрирование или магнитное разделение является известной технологией, состоящей в концентрировании магнитных частиц в заданном объеме с использованием магнитных полей. Магнитный материал воздействуют посредством

лиганда, способного к связыванию биологического или химического состава, который должен быть сконцентрирован. Если компонентом является бактерия, то лигандом может быть антитело или любой другой лиганд, способный к определенному образованию связи с этой бактерией. Обычно используемыми лигандами являются антитела или биологические макромолекулы, такие как гормоны и фолиевая кислота.

Процессом магнитного концентрирования может быть периодический процесс, например, содержащий контакт магнита с резервуаром, содержащим образец, при этом магнит притягивает и удерживает магнитный материал и то, что с ним связано, для устранения жидкой среды и других компонентов, которые, возможно, присутствуют. Процесс магнитного концентрирования также может быть непрерывным и, например, содержит колонну или подобное устройство, через которое протекает жидкость, содержащая магнитный материал. Зона, охватываемая магнитным полем, называется зоной захвата. Указанная колонна или подобное устройство может содержать, по меньшей мере в этой зоне захвата, пористый материал. Магнитное поле индуцирует сильный градиент в зоне захвата. Затем может быть извлечен удержанный материал.

Такая реализация изобретения с использованием магнитного концентрирования может, в частности, содержать:

первый вид магнитного материала, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован;

образец, который должен быть проанализирован, смешивается с магнитным материалом, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

магнитное концентрирование магнитного комплекса, например, с использованием непрерывного или группового способа, как описано выше;

затем комплекс приводится в контакт с другим магнитным материалом, второго вида, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с находящимся в магнитном материале первого вида биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, или к образованию связи с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения указанного компонента; и

анализ магнитных материалов для вывода из этого массы магнитного материала второго вида и для вывода из этого наличия или количества биологического или химического компонента в первоначальном образце.

Во втором способе реализации изобретения осуществляют детектирование и/или количественное определение двух или большего количества биологических или химических компонентов в одном образце, для чего

используют первый вид магнитного материала, который образует связь с первым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения указанного компонента; и

используют по меньшей мере одного другого, например, второго, другого вида магнитный материал, который образует связь с другим, например вторым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения указанного компонента,

реализация изобретения обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения каждого из указанных биологических или химических

компонентов в отдельности.

Соответственно, этот способ реализации может обеспечивать возможность анализа биологического образца для поиска и, опционально, количественного определения нескольких антигенов любого одного микроорганизма или нескольких
5 микроорганизмов (отличной природы или отличного вида одного микроорганизма, например, отличных серотипов одного микроорганизма, например вируса). Также возможно одновременно анализировать компоненты отличной природы, например антитело и антиген.

10 В третьем способе реализации, который может быть объединен с двумя предыдущими, осуществляют количественное определение по меньшей мере одного биологического или химического компонента в образце с использованием первого вида магнитного материала при наличии второго, отличного, вида магнитного
15 материала, при этом

используют первый вид магнитного материала, который образует связь с биологическим или химическим компонентом, количество которого должно быть определено, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или
20 количественного определения указанного компонента; и

используют второй вид магнитного материала, который является инертным по отношению к вышеупомянутому компоненту и, предпочтительно, инертным по отношению к любому находящемуся в образце компоненту,

реализация изобретения обеспечивает возможность количественного определения масс каждого из видов магнитного материала в зоне реакции в отдельности.

25 Согласно одному признаку изобретения, второй вид магнитного материала служит в качестве внутреннего эталона, обеспечивающего возможность учета условий, при которых проводят испытание, например, характеристик диффузии внутри или на пористом материале. Это обеспечивает возможность учета условий испытания, так
30 чтобы корректировать преобразование массы первого магнитного материала, измеренной в зоне реакции, в количество компонента в образце и выдавать количественный результат, независимый от условий, при которых проводили испытание. Например, это делает возможным компенсацию воздействий изменений в диффузии от одного образца к другому. Для этого определяют полную
35 первоначальную массу внутреннего эталона и сравнивают массу, измеренную в зоне реакции, с этой полной массой, создавая отношение масс.

Этап анализа различных способов реализации может быть выполнен обычным образом, после диффузии комплекса в или на пористой опоре (например, полоске или
40 миниатюрной колонне) и определенного удержания комплексов в зоне снятия показаний. Этот способ может быть применен также для концентрирования и детектирования двух или большего количества компонентов. Способ, согласно изобретению, используют в областях диагностики и для поиска загрязняющих
45 веществ. Изучаемыми образцами являются образцы, обычно изучаемые в этих областях. Они могут быть получены из жидкостей тела, например крови, плазмы или мочи, или могут возникать в результате соответствующей обработки ткани.

Искомые компонентами, в частности, могут быть антигены (микроорганизмы, например, бактерии, вирусы, одноклеточные грибы, дрожжи, паразиты или их
50 фракции), антитела или любые другие биологические компоненты, такие как гаптены, белки, природные или синтетические олигонуклеотиды или полинуклеотиды, природные или синтетические моносахариды, олигосахариды или полисахариды, лектины, авидин, стрептавидин, биотин, факторы роста, гормоны, рецепторы и

аллергены. Изобретение также пригодно для поиска и количественного определения химических сущностей или компонентов, таких как антибиотики, наркотики, химические загрязняющие вещества и аллергены.

5 Возможные варианты магнитных материалов, которые могут быть использованы в такой реализации, могут содержать вышеупомянутые SeraMag® и MagPrep®.

Возможны многие другие варианты осуществления. Например, количество магнитных материалов, которые могут быть идентифицированы или проанализированы одновременно, может быть увеличено посредством увеличения количества опорных сигнатур, содержащихся в памяти 28. Как вариант, размер памяти 28 может быть уменьшен в случае, в котором она содержит только одну сигнатуру, если материал, который должен быть проанализирован, всегда один и тот же.

15 Здесь, сигнатуры были созданы посредством измерения амплитуды гармоника частоты $2f_H$. Как вариант, то, что было описано, также применяется к сигнатуре, созданной посредством измерения амплитуды гармоника частоты $\underline{n}f_H$, где \underline{n} является целым числом, равным или большим 1. Однако, предпочтительно, \underline{n} должно быть строго больше 1, и предпочтительно, \underline{n} должно быть четным. Это так, потому что четное число обеспечивает возможность дополнительного повышения чувствительности по сравнению со случаем, в котором \underline{n} является нечетным.

Используемый магнитный материал может быть любого соответствующего вида и проявляет нелинейную характеристику намагничивания.

25 Например, обычно магнитные частицы могут быть размером приблизительно от 5 нм до 50 мкм, предпочтительно приблизительно от 10 нм до 10 мкм, более предпочтительно приблизительно от 100 нм до 1 мкм. Частицы могут иметь сферическую или овальную форму, или любую другую форму. Частицы могут быть выполнены непосредственно из магнитного материала или из смеси этого материала с твердой или полутвердой матрицей. В последнем случае магнитный материал рассредоточен в матрице.

В варианте осуществления частицы являются суперпарамагнитными. Согласно признаку, эти частицы выполнены из ферромагнитных элементов в матрице, и максимальный размер ферромагнитных элементов является достаточно малым для того, чтобы каждый элемент, взятый в отдельности, имел цикл намагничивания $B(H)$, имеющий свойства, идентичные представленным на фиг.8. Обычно максимальный размер ферромагнитного элемента выбирают так, чтобы он был приблизительно меньше 100 нм и, в основном, приблизительно меньше 20 нм. Этот максимальный размер элемента, при уменьшении которого элемент становится суперпарамагнитным, зависит от используемого ферромагнитного материала. Суперпарамагнетизм, также как суперпарамагнитные элементы, представлен в работе Е. дю Тремолете де Лахейсьере (E. du Tremolet de Lacheisserie) и другие "Magnetisme", ТОМ 1, напечатанной Университетом Гренобля, 1999.

45 Предпочтительными суперпарамагнитными элементами являются оксиды железа. Более полно определено, что элемент может быть выбран среди оксидов железа и смешанных оксидов железа и другого металла, при этом в предпочтительных вариантах осуществления металл выбирают из группы, состоящей из Mn, Ni, Zn, Bi, Cu, Fe₃O₄ и Fe₂O₃. Другие возможные варианты включают в себя: первоскиты с суперпарамагнитными свойствами, в частности, первоскиты на основе Fe; суперпарамагнитные оксиды никеля, оксиды кобальта или смешанные оксиды указанных металлов; а также суперпарамагнитные металлические сплавы, например

вида FeNi или CoNi, в частности Fe₂₀Ni₈₀.

В другом варианте осуществления частицами является антиферромагнетик. Антиферромагнитный материал является материалом, где спины магнитных электронов выровнены по правильной модели с соседними спинами, ориентированными в антипараллельных направлениях. Такой материал содержит металлы, такие как хром, сплавы, такие как FeMn, оксиды, такие как NiO. Ссылка может быть сделана также на вышеупомянутую (работу) Е. дю Тремолете де Лахейсьере и другие.

Выбирают твердую или полутвердую матрицу, так чтобы отсутствовало воздействие на магнитные свойства элемента. Согласно признаку, матрицей является диамагнетик.

Полутвердая матрица содержит матрицу, которая является упруго деформируемой обратимым образом, например эластомер.

Материалы для матрицы содержат: природные, синтетические и искусственные полимеры, эластомеры и гели, кварц, например пластмассу, целлюлозный материал.

Распределение суперпарамагнитных элементов в матрице является таким, что расстояния между элементами внутри матрицы являются достаточными для того, чтобы сформированные таким образом частицы имели суперпарамагнитные свойства идентичные или по существу идентичные суперпарамагнитным свойствам элемента.

Согласно другому признаку, матрица обеспечивает возможность достаточной близости или достаточной подвижности магнитных элементов, содержащихся в каждой частице, для совместного магнитного взаимодействия. Это взаимодействие может немного воздействовать на сигнатуру частицы в целом, сформированной магнитными элементами, содержащимися в матрице, делая ее отличной от сигнатуры отдельных магнитных элементов. Это явление формирует других кандидатов для мультиплексирования.

Однако, как вариант, может быть использован любой вид магнитного материала. В частности, магнитный материал может проявлять гистерезис или остаточную намагниченность. Например, магнитным материалом может быть ферромагнитный или антиферромагнитный материал.

Изобретение также обеспечивает использование шаблона наноструктур, который несет и/или содержит магнитные частицы.

В последующем описании будет упомянуто несколько публикаций, в которых описываются продукты и способы создания того, что составляет возможные варианты для выполнения изобретения. Полное содержание указанных публикаций включено здесь в качестве ссылки, и специалист в данной области техники может использовать описанные здесь способы для реализации настоящего изобретения.

Наноструктуры имеют предварительно определенную форму. Они могут быть выбраны, в частности, среди: нанотрубок, нанопроводов, наноколец, нанодисков, нанопружин. Наноструктура может быть линейной или нелинейной, открытой или замкнутой, двухмерной или трехмерной. Предполагается, что наноструктура обнаруживает магнитную сигнатуру, которая является особенной по своей форме и своему размеру и природе, количеству и распределению магнитного материала на поверхности и/или внутри наноструктуры. Изменение указанных факторов обеспечивает возможность получения специалистом в данной области техники соответствующих отличных магнитных сигнатур. Наноструктуры могут иметь размер от 50 нм до более чем 10 мкм.

Наноструктуры могут быть созданы из различных материалов, они могут быть

металлическими, такими как углерод или медь, сделанными из двуокиси циркония, или могут быть пептическими, то есть сделанными из пептида, или содержащими пептид, в основном, из обогащенных гистицином молекул пептида, или липидных или гетеролипидных, или комбинации вышеупомянутых макромолекул.

5 Наноструктуры пептида, такие как нанотрубки, созданные посредством самосборки пептидов, были описаны в работе С. Занг (S. Zhang) и другие, *Current Opinion in Chemical Biology*, 2002, 6:865-871; и М. Ричиз (M. Reches) и Е. Газит (E. Gazit), *Current Nanoscience*, 2006, 2:105-111.

10 Нанотрубки двуокиси циркония, заключающие в себе нанопровода металла, были описаны в (работе) Д. Бао (J. Bao) и другие, *Chem. Mater.* 2002, 14:4709-4713. Процедура для подготовки указанных нанотрубок может быть использована здесь для создания магнитных нанотрубок посредством замены электролита $\text{CuSO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3$ на электролит, содержащий FeCl_3 , $6\text{H}_2\text{O}$ и NaBH_4 (например, 20g/L, соответственно 50 g/L).

15 Другим вариантом осуществления является использование металлических наноструктур, покрытых пептидами, таких, как описаны в И.А. Банерджи (I. A. Banerjee), *PNAS* 2003, 100, 25:14678-14682. В этой публикации описан рост нанокристалла Cu на пептидных нанотрубках. Этот процесс может быть модифицирован для замены Cu на Fe. Fe может быть внесен, например, с использованием соли триметил-фосфин-хлоро-железа.

20 Когда наноструктура должна использоваться в совокупности, согласно изобретению, когда требуется ее детектирование, например, в способе диагностики, то может быть задействована наноструктура, содержащая наноструктуры, покрытые пептидом, для представления части лиганда, например, антитело или антиген, или нуклеиновый зонд, или любой подходящий химический компонент, такой как биотин.

25 В работе З. Жао (Z. Zhao) и другие, *J. Chem. Soc.*, 2005, 127: 8939-8931, описан способ покрытия наноструктур антителами, в частности, IgG.

30 Магнитными "частицами" могут быть также магнитосомы или скопления или совокупности магнитосомов. Магнитосомами являются гранулы металлических оксидов, созданные бактериями, обнаруживающими магнитотаксис. Они сформированы из нанокристаллов, в частности монокристаллических, и в основном, окруженных липидной биомембраной. В основном, кристаллы имеют размер, варьирующийся от 35 до 120 нм. В основном, они выполнены из магнетита Fe_3O_4 и иногда грейгита Fe_3S_4 . Предпочтительным вариантом осуществления являются магнитосомы магнетита.

35 Магнитосомы могут быть созданы посредством выращивания бактерии, обнаруживающей магнитотаксис, и извлечения магнитосомов. Одним возможным вариантом является выращивание *Magnetospirillum magneticum*, например, линия

40 АМВ-1. Способ выращивания этих бактерий и извлечения магнитосомов был описан в И.А. Банерджи (I. A. Banerjee) и другие, *Adv. Mater.*, 2005, 17: 1128-1131. Бактерии растут анаэробно в ферментере, культуру собирают центрифугированием, останавливают (процесс) и извлекают магнитосомы с использованием магнита.

45 В предпочтительном варианте осуществления, магнитосомы содержатся в наноструктуре или присоединены к поверхности наноструктуры, как описано выше. Также возможно присоединение магнитосомов к поверхности и включение внутрь наноструктуры. Как описано выше, наноструктуры имеют предварительно определенную форму, выбранную, в частности, среди: нанотрубок, нанопроводов, нанокольца, нанодисков, нанопружин. Наноструктура может быть линейной или нелинейной, открытой или замкнутой, двухмерной или трехмерной.

Возможный вариант такой наноструктуры описан в Банерджи (Banerjee) 2005. В этой публикации описано объединение магнитосомов в нанотрубки. Это является возможным вариантом магнитной наноструктуры, используемой в изобретении.

То, что здесь было описано, также применимо для идентификации и измерения массы твердого блока магнитных материалов.

В одном варианте осуществления изобретения для избирательной сортировки материалов, например пластмасс различных видов, в массе которых рассредоточены магнитные материалы, согласно изобретению. Следовательно, материалы, которые должны быть разделены, вначале содержат магнитный материал отличного вида. Например, пакет PVC содержит первый вид магнитного материала, при этом пакет полиэстера содержит второй вид магнитного материала и так далее. Посредством детектирования сигнатуры данного материала, возможно определять материал, например пакет, и вручную или механически отделять его от других присутствующих материалов.

Если в течение фазы калибровки отношение сигнала к шуму является достаточно высоким, то опорная сигнатура может быть измерена только по двум периодам T_L , по этим измерениям существует возможность создания опорной сигнатуры по большему количеству периодов.

Если форма сигнатуры $S_{ref}(H)_i$ уже известна, то в течение фазы калибровки может быть достаточно одного измерения для создания сигнатуры, содержащей несколько точек.

Здесь был описан способ анализа в определенном случае, в котором измерения точек каждой сигнатуры $S_{ref}(H)_i$ и $S(H)$ делают для идентичных мгновенных значений H_{Li} напряженности магнитного поля H_L . Как вариант, значения H_{Li} , используемые для создания сигнатуры $S_{ref}(H)_i$, могут быть отличны от значений H_{Li} , используемых для создания сигнатуры $S(H)$. В этом случае, существует возможность создания отсутствующих точек сигнатуры $S_{ref}(H)_i$, соответствующих точкам сигнатуры $S(H)$, посредством интерполяции.

Как вариант, существует возможность создания отличных сигнатур для одного магнитного материала. Например, первую сигнатуру создают с использованием амплитуды и фазы гармоники x_{f_H} . Вторую сигнатуру для этого материала создают с использованием амплитуды и фазы гармоники y_{f_H} , где x и y являются ненулевыми целыми числами, отличными друг от друга, и предпочтительно, не меньшими 2. Затем, при измерении неизвестной массы этого магнитного материала могут быть использованы две указанные сигнатуры, последовательно или одновременно. Если сигнатуры используются одновременно, то предполагается, что конструктор выполнен с возможностью одновременного извлечения амплитуд гармоник частот x_{f_H} и y_{f_H} . Затем, отличные промежуточные массы, полученные с использованием отличных сигнатур, объединяют для получения измеренной массы магнитного материала. Например, отличные промежуточные массы усредняют.

Анализируемый магнитный материал может быть идентифицирован просто посредством сравнения каждого коэффициента корреляции между членами совокупности α_j , вычисленного при предварительно определенном пороге.

В определенном случае, в котором полностью отсутствует корреляция сигнатур $S_{ref}(H)_i$, то есть коэффициент β корреляции между членами совокупности для двух сигнатур $S_{ref}(H)_i$ и $S_{ref}(H)_j$ меньше 0,1, существует возможность использования способа по фиг.3 для определения массы каждого магнитного материала в совокупности отличных магнитных материалов. Для этого способ по фиг.3

повторяют для каждого вида искомого магнитного материала, каждый раз изменяя опорную сигнатуру.

Если существует корреляция различных опорных сигнатур, то также существует возможность использования способа по фиг.3 для определения массы каждого из магнитных материалов совокупности отличных магнитных материалов. Например, если магнитным материалом является смесь магнитных материалов вида 1 и вида 2, то выполнение способа по фиг.3 с использованием опорной сигнатуры $S_{ref}(H)_1$, затем сигнатуры $S_{ref}(H)_2$, эквивалентно следующей системе уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_{m1} = \alpha_1 + \alpha_2\beta \\ \alpha_{m2} = \alpha_1\beta + \alpha_2 \end{cases} \quad (10)$$

где

α_{m1} и α_{m2} являются результатами, полученными при применении уравнений (3) и (4), соответственно;

α_1 и α_2 эквивалентны $\frac{M_1}{M_{ref1}}$ и $\frac{M_2}{M_{ref2}}$ соответственно, где M_1 и M_2 являются

соответствующими массами магнитных материалов вида 1 и вида 2, которые должны быть определены; и

β является коэффициентом корреляции между членами совокупности для опорных сигнатур $S_{ref}(H)_1$ и $S_{ref}(H)_2$.

Уравнение (10) позволяет определить коэффициенты α_1 и α_2 и, следовательно, массы M_1 и M_2 .

Как вариант, этап 80 способа по фиг.3 может быть опущен. В этом случае способ анализа делает возможным только идентификацию, какого вида материал находится в резервуаре 8.

Напротив, если заранее известен вид магнитного материала, находящегося в резервуаре 8, то может быть опущена стадия 72 идентификации. В этом варианте вычисление коэффициента α_i корреляции между членами совокупности между сигнатурой $S(H)$ и опорной сигнатурой $S_{ref}(H)_i$ должно быть выполнено в течение стадии 80 перед этапом 82. В этом варианте количество g участков периода может быть уменьшено до двух.

Способы по фиг.3 и по фиг.5 были описаны для определенного случая, в котором при вычислении коэффициента корреляции между членами совокупности α_i поточечно умножают сигнатуры $S(H)$ и $S_{ref}(H)_i$. Однако, как вариант, сигнатуры $S(H)$ и $S_{ref}(H)_i$ могут быть умножены поточечно на третью опорную сигнатуру $S_{ref}(H)_K$. В этом случае массу M_1 магнитного материала вида 1, находящегося в резервуаре 8, вычисляют с использованием следующих уравнений:

$$\beta_1 = \left[\sum_{P=1}^{Nr} S_{ref}(H)_{1P} S_{ref}(H)_{KP} \right] / \sqrt{\sum_{P=1}^{Nr} (S_{ref}(H)_{1P})^2 \sum_{P=1}^{Nr} (S_{ref}(H)_{KP})^2} \quad (11)$$

$$\alpha_1 = \left[\sum_{P=1}^{Nr} S(H)_P S_{ref}(H)_{KP} \right] / \sqrt{\sum_{P=1}^{Nr} (S(H)_P)^2 \sum_{P=1}^{Nr} (S_{ref}(H)_{KP})^2} \quad (12)$$

$$M_1 = (\alpha_1 M_{ref1}) / \beta_1 \quad (13)$$

где

β_1 является коэффициентом корреляции между членами совокупности между опорной сигнатурой $S_{ref}(H)_1$ магнитного материала вида 1 и опорной сигнатурой $S_{ref}(H)_K$; и

α_1 является коэффициентом корреляции между членами совокупности между

измеренной сигнатурой $S(H)$ и опорной сигнатурой $S_{ref}(H)_K$.

Сигнатурой $S_{ref}(H)_K$ может быть сигнатура, измеренная на магнитном материале, отличном от магнитного материала вида 1. Сигнатурой $S_{ref}(H)_K$ может быть также

5

любая сигнатура, выбранная разработчиками анализатора 2.

Например, сигнатурой $S_{ref}(H)_K$ может быть последовательность псевдослучайных точек. Этот вариант, следовательно, обеспечивает возможность записи только одной опорной сигнатуры $S_{ref}(H)_K$. Однако память 28 должна содержать также коэффициент корреляции между членами совокупности β_i между каждой опорной сигнатурой

10

$S_{ref}(H)_i$ и указанной сигнатурой $S_{ref}(H)_K$.

В другом варианте осуществления, может быть использовано несколько опорных сигнатур, полученных для отличных опорных масс идентичного магнитного материала. Например, предполагается, что сигнатура $S_{ref}(H)_K$, описанная согласно

15

уравнениям (11) и (12), используется в качестве опорной сигнатуры. Для опорных масс M_{ref1} и M_{ref2} магнитного материала вида 1 уравнение (11) дает результаты β_{11} и β_{12} . Также предполагается, что уравнение (12) дает результат α_1 , находящийся между β_{11} и β_{12} . Тогда масса M_1 материала вида 1 в резервуаре 8 может быть вычислена с использованием следующего уравнения:

20

$$M_1 = [M_{ref1}(\beta_{12} - \alpha_1) + M_{ref2}(\alpha_1 - \beta_{11})] / (\beta_{12} - \beta_{11}) \quad (14)$$

Следовательно, массу M_1 получают посредством линейной интерполяции между массами M_{ref1} и M_{ref2} . Следовательно, должно быть понятно, что использование

25

нескольких сигнатур для одного магнитного материала обеспечивает возможность повышения точности, в частности, если уравнение между массой M_1 и коэффициентом α_1 не является линейным.

Анализатор 2 был описан в определенном случае, в котором напряженность магнитного поля H_L является постоянной в каждом из промежутков T_p . Как вариант,

30

мгновенное значение (напряженности) магнитного поля H_L не является постоянным

за каждый из промежутков T_p . Однако средние значения мгновенного значения (напряженности) магнитного поля H_L за каждый из промежутков T_p отличны друг от друга. Например, как изображено на фиг.6, мгновенное значение (напряженности) магнитного поля H_L , как функции от времени, может быть синусоидальным. Может

35

быть подтверждено, что среднее значение мгновенного значения за промежуток T_i , действительно, отлично от среднего значения мгновенного значения за промежуток T_2 .

Каждый период T_L намагничивающего низкочастотного магнитного поля может

40

быть разделен на количество промежутков, большее чем два. Например, на фиг.7

изображено изменение по времени мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля, при этом каждый период T_L разделен на \underline{s}

45

промежутков, где \underline{s} строго больше двух. Однако каждый промежуток периода должен быть достаточно длительным, чтобы обеспечивать возможность измерения

конструктором 24 точки $S(H)_{ij}$. Для этой цели каждый промежуток периода составляет здесь по меньшей мере 100 наносекунд, и предпочтительно, по меньшей мере 1 мкс.

В заключение, генератор 12 может быть заменен на два независимых генератора намагничивающего магнитного поля. Первым из этих генераторов управляют для

50

формирования только магнитного поля H_L , при этом вторым из этих генераторов

управляют для формирования только магнитного поля H_H . Например, по меньшей мере один из этих независимых генераторов сформирован с использованием магнита или катушки, на которую подают постоянный ток, при этом для формирования поля

H_L или поля H_H магнит или катушку перемещают близко к магнитному материалу, который должен быть проанализирован.

Формула изобретения

5

1. Способ анализа магнитного материала (6), содержащий этапы, на которых:

а) намагничивают (44) магнитный материал одновременно

10

намагничивающим низкочастотным магнитным полем (H_L) периодов T_L , при этом период T_L содержит, по меньшей мере, первый и второй промежутки периода, так что среднее значение мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый промежуток периода было отлично от среднего значения его мгновенного значения (напряженности) за второй промежуток периода, при этом каждый промежуток периода имеет продолжительность по меньшей мере 100 нс, и

15

намагничивающим высокочастотным магнитным полем (H_H), изменение мгновенного значения (напряженности) по времени которого является периодическим с частотой f_H , причем частота f_H намагничивающего высокочастотного магнитного поля составляет по меньшей мере удвоенную частоту f_L низкочастотного магнитного поля,

20

отличающийся тем, что

б) создают (48) сигнатуру $S(H)$ магнитного материала, сформированную по меньшей мере из двух точек $S(H)_p$, причем это создание включает в себя получение значения каждой точки $S(H)_p$, посредством измерения за каждый промежуток периода амплитуды и, возможно, фазы гармоники магнитного поля, индуцированного в магнитном материале, причем амплитуду и фазу получают в ответ на намагничивание в течение этого промежутка периода, причем гармоника имеет частоту pf_H , где p является ненулевым положительным целым числом; и

25

в) идентифицируют (72) и/или определяют (80, 90) массу магнитного материала по нескольким точкам созданной сигнатуры $S(H)$, при этом умножают (52, 68) несколько точек сигнатуры $S(H)$ соответственно на каждую соответствующую точку опорной сигнатуры $S_{ref}(H)_i$, измеренной при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала; и

30

- вычисляют (82) массы магнитного материала как функции от результата этого умножения.

35

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что этап идентификации (72) и/или определения (80, 90) массы магнитного материала выполняют, по меньшей мере, на основе одной опорной сигнатуры $S_{ref}(H)_i$, измеренной при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала.

40

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что включает в себя этап автоматической идентификации (72) магнитного материала как функции от результата корреляции сигнатуры $S(H)$ с каждой из опорных сигнатур $S_{ref}(H)_i$, из набора нескольких опорных сигнатур, причем каждая опорная сигнатура $S_{ref}(H)_i$, получена с использованием магнитного материала, отличного от других магнитных материалов, использованных для получения других опорных сигнатур, при этом первый и второй магнитные материалы считают отличными друг от друга, если коэффициент β корреляции между членами совокупности, определенный следующим уравнением, меньше 0,95:

45

50

$$\beta = \left[\int_H \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH \right] / \sqrt{\left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)},$$

где

$\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n-го порядка магнитной индукции по

5 (напряженности) магнитного поля первого и второго магнитных материалов соответственно, n является числом, идентичным числу, определяющему гармонику частоты $n f_H$; и

$\oint_H dH$ указывает, что интегрирование выполняют идентичным образом для обоих,

10 первого и второго, магнитных материалов по замкнутому контуру, описывающему круг, начинающийся с H_{min} , проходящий через H_{max} и возвращающийся к H_{min} , где H_{min} и H_{max} являются минимумом и максимумом (напряженности) намагничивающего магнитного поля соответственно.

15 4. Способ по п.3, отличающийся тем, что этап идентификации (72) и/или определения (80; 90) массы магнитного материала также выполняют, по меньшей мере, на основе одной опорной сигнатуры $S_{ref}(H)_i$, измеренной при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала.

20 5. Способ по п.4, отличающийся тем, что используется для анализа совокупности нескольких различных магнитных материалов, при этом первый и второй магнитные материалы считаются отличными друг от друга, если коэффициент β корреляции между членами совокупности, который определяют следующим уравнением, меньше 0,95:

25
$$\beta = \left[\oint_H \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH \right] / \sqrt{\left(\oint_H \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\oint_H \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)},$$

где

30 $\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n-го порядка магнитной индукции по

(напряженности) магнитного поля первого и второго магнитных материалов соответственно, n является ненулевым положительным целым числом; и

35 $\oint_H dH$ указывает, что интегрирование выполняют идентичным образом для обоих,

40 первого и второго, магнитных материалов по замкнутому контуру, описывающему круг, начинающийся с H_{min} , проходящий через H_{max} и возвращающийся к H_{min} , где H_{min} и H_{max} являются минимумом и максимумом (напряженности) магнитного поля намагничивания соответственно,

при этом этап идентификации и/или определения (90) состоит/состоит из идентификации и/или определения массы по меньшей мере одного из магнитных материалов в совокупности на основе нескольких точек сигнатуры $S(H)$ и нескольких сигнатур $S_{ref}(H)_i$, каждая из которых измерена при идентичных условиях по опорной

45 массе каждого из магнитных материалов совокупности.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что этап определения масс каждого из магнитных материалов в совокупности магнитных материалов содержит решение (92) следующего матричного уравнения:

50

$$\begin{matrix} 5 \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix}
 \begin{bmatrix} S(H)_1 \\ S(H)_2 \\ \vdots \\ S(H)_P \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_Q \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} S_{ref}(H)_{11} \cdots S_{ref}(H)_{1P} \\ S_{ref}(H)_{21} \cdots S_{ref}(H)_{2P} \\ \vdots \\ S_{ref}(H)_{Q1} \cdots S_{ref}(H)_{QP} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N(H)_1 \\ N(H)_2 \\ \vdots \\ N(H)_P \end{bmatrix}^T$$

где Q является количеством опорных сигнатур, Q равно или больше количества отличных магнитных материалов, находящихся в совокупности;

10 P является количеством точек каждой сигнатуры, при этом P равно или больше двух;

S(H)_j является j-й точкой сигнатуры S(H);

15 α_i является отношением массы, которая должна быть измерена, магнитного материала, имеющего сигнатуру S_{ref}(H)_i, к опорной массе, использованной для создания сигнатуры S_{ref}(H)_i;

S_{ref}(H)_{ij} является j-й точкой сигнатуры S_{ref}(H)_i;

N(H)_j является j-й точкой сигнала, представляющего шум, добавляемый к измерению сигнатуры S(H); и

20 T является символом функции транспонирования.

7. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что мгновенное значение (напряженности) низкочастотного магнитного поля в течение каждого из промежутков периода является постоянным.

25 8. Способ по п.5, отличающийся тем, что мгновенное значение (напряженности) низкочастотного магнитного поля в течение каждого из промежутков периода является постоянным.

9. Способ по п.6, отличающийся тем, что мгновенное значение (напряженности) низкочастотного магнитного поля в течение каждого из промежутков периода является постоянным.

30 10. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

35 первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

40 осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим
45 возможность детектирования или количественного определения компонента;

анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

50 11. Способ по п.5, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к

образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения компонента;

анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

12. Способ по п.6, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения компонента;

анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

13. Способ по п.7, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения компонента;

анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

14. Способ по п.8, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного

определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

5 первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

10 затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения компонента;

15 анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

15. Способ по п.9, отличающийся тем, что для обнаружения или количественного определения биологического или химического компонента в образце в способе получают совокупность следующим образом:

20 первый магнитный материал, к которому присоединен лиганд, способный к образованию связи с биологическим или химическим компонентом, который должен быть задетектирован, смешивают с образцом, который должен быть проанализирован, создавая комплекс магнитных материалов/компонентов;

осуществляют концентрирование магнитного комплекса в заданном объеме с использованием магнитного поля;

30 затем комплекс приводят в контакт со вторым, отличным от первого магнитным материалом, к которому присоединен лиганд, также способный к образованию связи с идентичным находящимся в первом материале биологическим или химическим компонентом, который должен быть детектирован, или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования или количественного определения компонента;

35 анализируют полученную таким образом совокупность магнитных материалов, что обеспечивает возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

40 16. Способ по п.5, отличающийся тем, что для детектирования или количественного определения по меньшей мере двух биологических или химических компонентов в образце в способе совокупность получают посредством смешивания образца:

с первым магнитным материалом, который образует связь с первым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения компонента;

45 и со вторым, отличным от первого магнитным материалом, который образует связь со вторым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

50 17. Способ по п.6, отличающийся тем, что для детектирования или количественного определения по меньшей мере двух биологических или химических компонентов в образце в способе совокупность получают посредством смешивания образца:

с первым магнитным материалом, который образует связь с первым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность

детектирования и/или количественного определения компонента;

и со вторым, отличным от первого магнитным материалом, который образует связь со вторым биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения компонента.

18. Способ по п.5, отличающийся тем, что для детектирования или количественного определения, по меньшей мере, двух биологических или химических компонентов в образце в способе совокупность получают посредством смешивания образца:

с первым магнитным материалом, который образует связь с биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения компонента; и

со вторым, отличным от первого магнитным материалом, который является инертным по отношению к вышеупомянутому компоненту.

19. Способ по п.6, отличающийся тем, что для детектирования или количественного определения, по меньшей мере, двух биологических или химических компонентов в образце в способе совокупность получают посредством смешивания образца:

с первым магнитным материалом, который образует связь с биологическим или химическим компонентом или с реагентом, обеспечивающим возможность детектирования и/или количественного определения компонента; и

со вторым, отличным от первого магнитным материалом, который является инертным по отношению к вышеупомянутому компоненту.

20. Устройство для анализа магнитного материала, содержащее:

а) генератор (12), выполненный с возможностью намагничивания магнитного материала одновременно:

намагничивающим низкочастотным магнитным полем (H_L) периодов T_L , причем период T_L содержит по меньшей мере первый и второй промежутки периода, так чтобы среднее значение мгновенного значения (напряженности) низкочастотного магнитного поля за первый промежуток периода отличалось от среднего значения его мгновенного значения (напряженности) за второй промежуток периода, при этом каждый промежуток периода имеет продолжительность по меньшей мере 100 нс, и

намагничивающим высокочастотным магнитным полем (H_H), при этом изменение мгновенного значения (напряженности) по времени которого является периодическим с частотой f_H , причем частота f_H намагничивающего высокочастотного магнитного поля составляет по меньшей мере удвоенную частоту f_L низкочастотного магнитного поля,

отличающееся тем, что также содержит:

б) конструктор (24) сигнатуры для создания сигнатуры $S(H)$ магнитного материала, сформированной по меньшей мере из двух точек $S(H)_p$, при этом конструктор выполнен с возможностью получения значения каждой точки $S(H)_p$ посредством измерения, за каждый промежуток периода, амплитуды и, возможно, фазы гармоник магнитного поля, индуцированного в магнитном материале, при этом амплитуду и фазу получают только в ответ на намагничивание в течение указанного промежутка периода, при этом гармоника имеет частоту pf_H , где p является ненулевым положительным целым числом; и

в) блок (26) идентификации и/или определения массы магнитного материала на основе нескольких точек созданной сигнатуры $S(H)$, при этом блок выполнен с возможностью осуществления

умножения (52, 68) нескольких точек сигнатуры $S(H)$ соответственно на каждую

соответствующую точку опорной сигнатуры $S_{\text{ref}}(H)_i$, измеренной при идентичных условиях на опорной массе идентичного магнитного материала; и
 вычисления (82) массы магнитного материала как функции от результата этого умножения.

21. Устройство по п.20, отличающееся тем, что используется для анализа совокупности нескольких отличных магнитных материалов, первый и второй магнитные материалы считаются отличными друг от друга, если коэффициент β корреляции между членами совокупности, определенный следующим уравнением, меньше 0,95:

$$\beta = \left[\int_H \frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \frac{d^n B(H)_2}{dH^n} dH \right] / \sqrt{\left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_1}{dH^n} \right)^2 dH \right) \left(\int_H \left(\frac{d^n B(H)_2}{dH^n} \right)^2 dH \right)},$$

где

$\frac{d^n B(H)_1}{dH^n}$ и $\frac{d^n B(H)_2}{dH^n}$ являются производными n-го порядка магнитной индукции по

(напряженности) магнитного поля первого и второго магнитных материалов соответственно, n является ненулевым положительным целым числом; и

$\int_H dH$ указывает, что интегрирование выполняется идентичным образом для обоих,

первого и второго, магнитных материалов по замкнутому контуру, описывающему круг, начинающийся с H_{min} , проходящий через H_{max} и возвращающийся к H_{min} , где H_{min} и H_{max} являются минимумом и максимумом (напряженности) магнитного поля намагничивания соответственно, при этом блок (26) идентификации и/или определения выполнен с возможностью идентификации и/или определения массы по меньшей мере одного из магнитных материалов в совокупности на основе нескольких точек созданной сигнатуры $S(H)$ и нескольких сигнатур $S_{\text{ref}}(H)_i$, каждая из которых измерена при идентичных условиях на опорной массе каждого магнитного материала совокупности.

22. Анализатор для анализа среды (4) для анализа, которая может содержать по меньшей мере один биологический и/или химический компонент, причем среда, которая должна быть проанализирована, содержит магнитные частицы (6), связанные с компонентом или реагентом для обеспечения возможности детектирования и/или количественного определения компонента, при этом анализатор содержит:

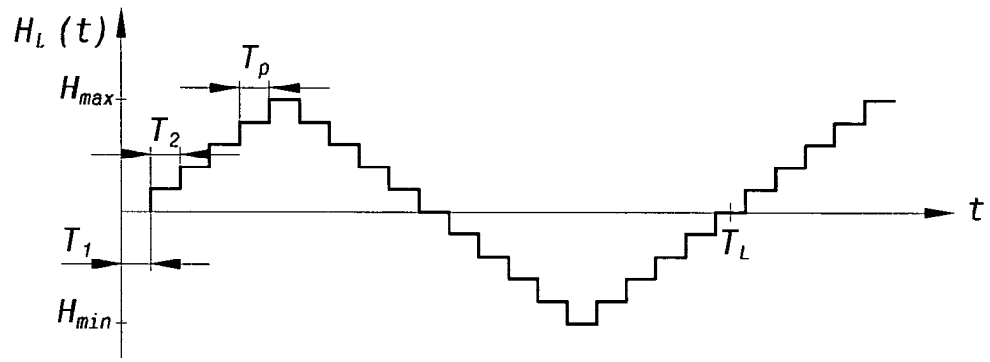
резервуар (8), пригодный для содержания среды (4) для анализа; и

устройство (10) для измерения массы группы находящихся в среде для анализа магнитных частиц, причем результат этого измерения является пропорциональным количеству находящегося в среде для анализа компонента, который должен быть проанализирован,

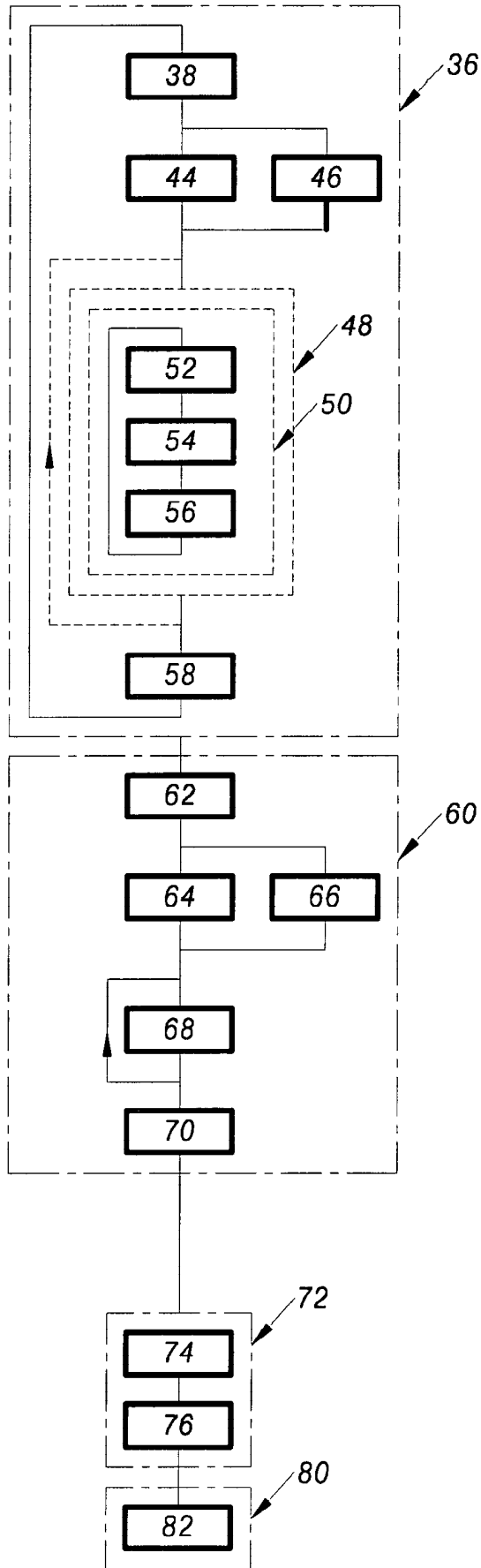
отличающийся тем, что устройством измерения является устройство по п.8 или 9.

23. Анализатор по п.22, отличающийся тем, что анализирует среду, для анализа содержащую по меньшей мере два различных магнитных материала.

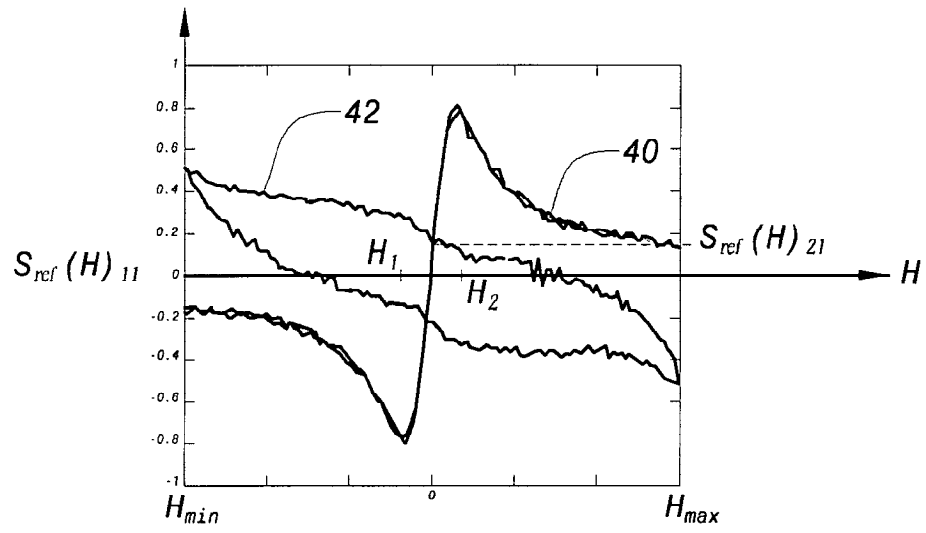
24. Анализатор по п.23, отличающийся тем, что выполнен с возможностью реализации способа по п.10.



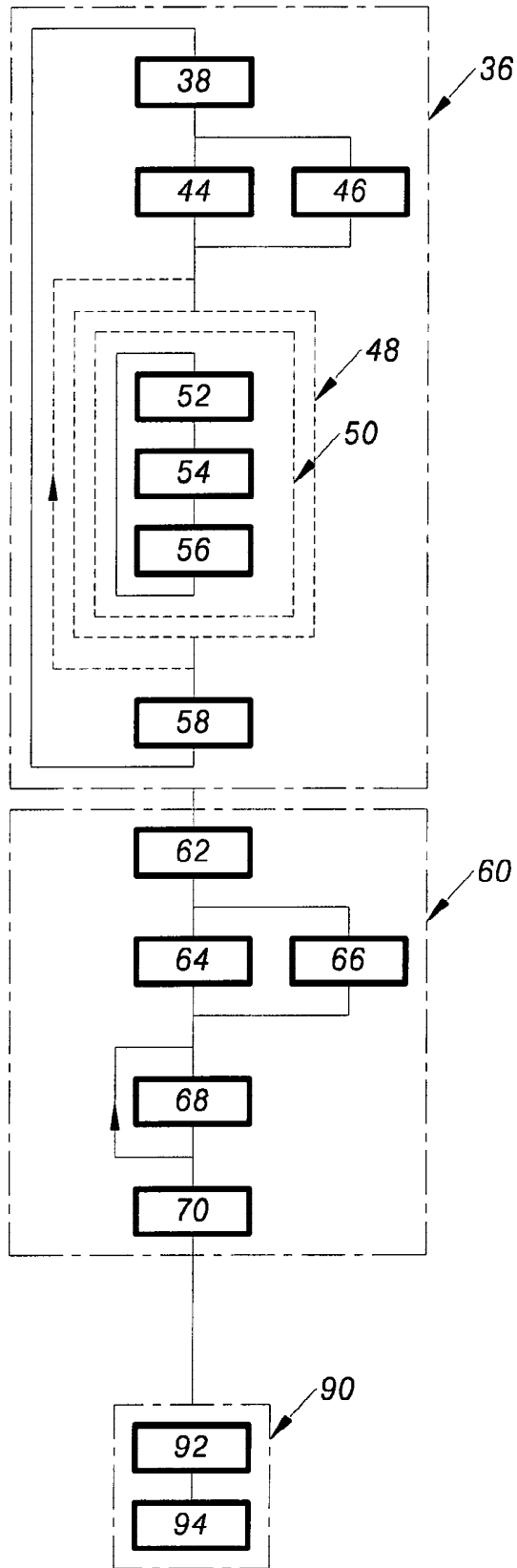
Фиг. 2



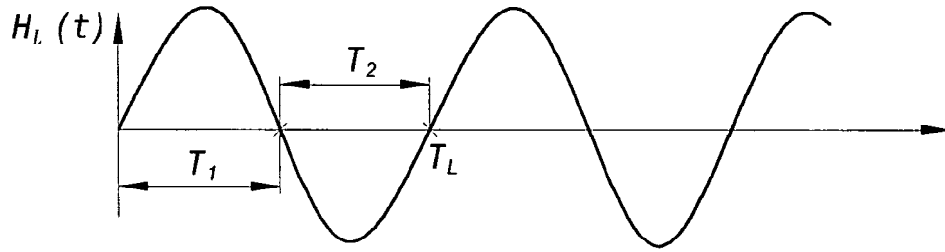
ФИГ. 3



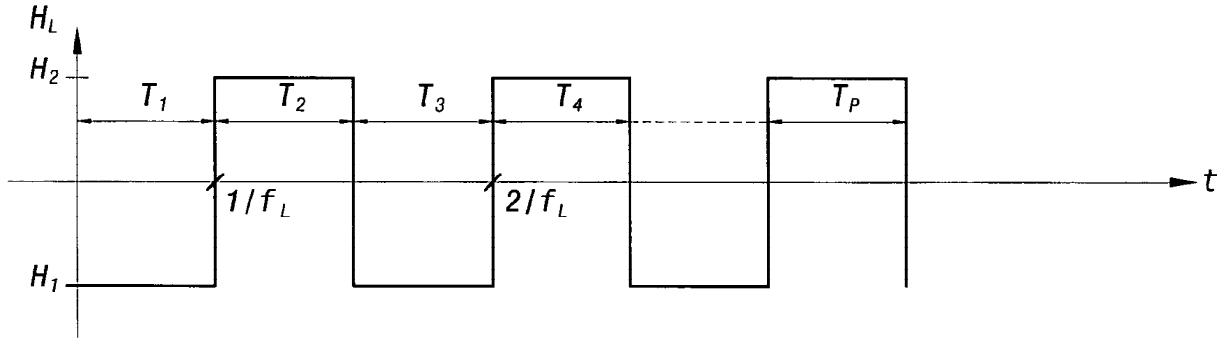
ФИГ. 4



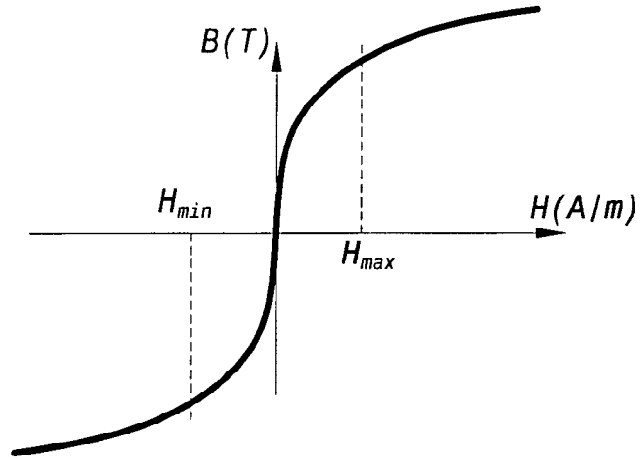
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8