

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 570**

51 Int. Cl.:

G01V 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2008 PCT/FR2008/050486**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2008 WO08132383**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2008 E 08775728 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2130066**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de medida de la masa de material magnético, y equipo de análisis que incorpora éste dispositivo**

30 Prioridad:

23.03.2007 FR 0702134

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.02.2018

73 Titular/es:

**MAGNISENSE SE (100.0%)
16 avenue Hoche
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

LENGLET, LUC

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 654 570 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de medida de la masa de material magnético, y equipo de análisis que incorpora éste dispositivo

5

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento de medida de masa material magnético, y un equipo de análisis que incorpora éste dispositivo.

[0002] La solicitud de patente europea publicada en el número EP 1 262 766 describe un dispositivo de medida de la masa de material magnético presente en un medio de análisis que comprende:

- Un generador de un campo magnético de excitación de material magnético, comprendiendo este campo magnético al menos un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia, correspondiendo los componentes de baja frecuencia y de alta frecuencia a picos de potencia en el espectro de potencia del campo magnético de excitación de manera respectiva a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} , siendo la frecuencia f_{HF} al menos diez veces superior a la frecuencia f_{BF} ,

- Un sensor listo para transformar el campo magnético inducido en el material magnético en respuesta al campo magnético de excitación, en una señal de medida,

- Un filtro listo para aislar la amplitud de un componente sinusoidal de la señal de medida a una frecuencia $m f_{HF} \pm n f_{BF}$, en donde m y n son números enteros no nulos, aislando este filtro un nuevo valor de amplitud en cada intervalo de medida T_m , formando la sucesión temporal de amplitudes aisladas por este filtro una señal de amplitud, y

- Un estimador de la masa de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud y de una señal de referencia obtenida a partir de una masa estándar del mismo material magnético medido en las mismas condiciones.

[0003] El dispositivo mencionado funciona particularmente bien. Sin embargo, la señal de amplitud generada por el filtro está enturbiada por un ruido. Por lo tanto, la sensibilidad del dispositivo está limitada por este ruido.

[0004] La invención tiene por objetivo proponer un dispositivo de medida que funcione según el principio expuesto anteriormente pero en el que la sensibilidad sea mejor o que sea más rápido con la misma sensibilidad.

[0005] Tiene, por lo tanto, por objetivo un dispositivo de medida de la masa de material magnético presente en un medio de análisis en el que:

35

- El generador consta de un modulador de la fase que compone la alta frecuencia y/o baja frecuencia con una señal de modulación en el que el valor está modificado con una frecuencia f_{mod} inferior o igual a $1/(T_m)$, y

- El dispositivo consta de un demodulador listo para demodular la amplitud de la señal de amplitud a partir de la señal de modulación, estando conectado a la salida del filtro y a la entrada del estimador.

40

[0006] En el dispositivo mencionado, la modulación de la fase del componente de alta frecuencia y/o baja frecuencia del campo magnético de excitación permite introducir una «firma» en la señal que permite medir, es decir la señal de amplitud. Por firma, se entiende aquí una variación conocida de antemano de la señal de amplitud. El ruido que se sobrepone a la señal de amplitud medida no presenta esta firma. Por lo tanto, se hace más fácil identificar la señal de amplitud incluso en presencia de un ruido importante. Este trabajo de identificación de la señal de amplitud en el medio de ruido corresponde aquí al demodulador. Se comprende por tanto que ya que la señal de amplitud es más fácil de identificar en el medio de ruido, con la misma sensibilidad, el dispositivo mencionado anteriormente es más rápido ya que la señal de amplitud puede filtrarse más rápidamente. En consecuencia, a la hora de filtrados idénticos, el dispositivo mencionado anteriormente presenta una mejor sensibilidad que los que ya se conocen.

[0007] Los modos de realización de este dispositivo pueden comprender una o varias de las siguientes características.

- El espectro de potencia de la señal de modulación presenta un pico de potencia para la frecuencia f_{mod} que concentra al menos un 80% de la potencia total de la señal de modulación;

- La señal de modulación es una senoide;

- m es igual a ± 1 , n es distinta de ± 1 , y el modulador es apto únicamente para modular la fase del componente de baja frecuencia;

- n es igual a ± 1 , m es distinta de ± 1 , y el modulador es apto únicamente para modular la fase del componente de

alta frecuencia.

[0008] Estos modos de realización del dispositivo presentan además las siguientes ventajas:

- 5 - La utilización de una señal de modulación en donde más del 80% de la potencia se concentra alrededor de la frecuencia f_{mod} vuelve a utilizar una señal próxima de una sinusoidal perfecta, lo que mejora la inmunidad de cara al ruido,
- La utilización de una senoide en tanto que la señal de modulación representa un compromiso muy bueno entre la simplicidad y la mejora de la sensibilidad del dispositivo.

10

[0009] La invención tiene igualmente como propósito un equipo de análisis de un medio susceptible de contener uno o más componente(s) biológico(s) y/o químico(s) que se necesitan detectar o cuantificar, incluyendo el medio a analizar partículas magnéticas unidas al compuesto o a un reactivo que permita asegurar la detección y/o la cuantificación del componente, comprendiendo este equipo:

15

- Un receptáculo listo para contener el medio de análisis, y
- Un dispositivo de medida de la masa del conjunto de partículas magnéticas presentes en el medio de análisis, siendo el resultado de esta medida proporcional a la cantidad de componente a analizar presente en el medio de análisis.

20

[0010] La invención tiene igualmente como propósito un procedimiento de medida de la masa de material magnético en un medio de análisis, comprendiendo este procedimiento:

- La generación de un campo magnético de excitación del material magnético, comprendiendo este campo magnético de excitación al menos un componente de baja frecuencia y componente de alta frecuencia, correspondiendo los componentes de baja frecuencia y de alta frecuencia a picos de potencia en el espectro de potencia del campo magnético de excitación de manera respectiva a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} , siendo la frecuencia f_{HF} al menos diez veces superior a la frecuencia f_{BF} ,
- La transformación del campo magnético inducido en el material magnético en respuesta al campo magnético de excitación, en una señal de medida,
- El filtrado de la señal de medida para aislar la amplitud de un componente sinusoidal en esta señal de medida a una frecuencia $m f_{\text{HF}} + n f_{\text{BF}}$, en donde m y n son números enteros no nulos, estando aislado un nuevo valor de amplitud en cada intervalo de medida T_m , formando la sucesión temporal de amplitudes aisladas por este filtro una señal de amplitud,
- La estimación de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud y de una señal de referencia obtenidos a partir de una masa estándar del mismo material magnético medido en las mismas condiciones,
- La modulación de la fase que compone la alta frecuencia y/o baja frecuencia con una señal de modulación en el que el valor está modificado con una frecuencia f_{mod} inferior o igual a $1/(T_m)$, y
- La desmodulación de la amplitud de la señal de amplitud a partir de la señal de modulación, antes de realizar la estimación de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud demodulada.

[0011] La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la descripción que sigue dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo y elaborada refiriéndose a los dibujos sobre los cuales:

- La figura 1 es una ilustración esquemática de un equipo de análisis de componentes biológicos o químicos que consta de un sensor de la masa de material magnético presente en un medio de análisis,
- La figura 2 es un organigrama de un procedimiento de análisis de una mezcla de componentes biológicos o químicos con ayuda del equipo de la figura 1, y
- Las figuras 3 a 6 son gráficos que muestran la evolución de diferentes señales susceptibles de ser obtenidas en diferentes puntos del dispositivo de medida del equipo de la figura 1.

[0012] En estas figuras, se usan las mismas referencias para designar a los mismos elementos.

55

[0013] A continuación de esta descripción, se describen en detalle las características y funciones bien conocidas por el experto en la materia.

[0014] La figura 1 representa un equipo de análisis de una mezcla de componentes biológicos o químicos presentes en un medio de análisis 4.

60

- [0015]** El medio de análisis contiene partículas magnéticas unidas al componente o a un reactivo que permite asegurar la detección o la cuantificación del componente. Este reactivo puede ser un reactivo que se enlaza al componente. Este reactivo puede igualmente ser un análogo de componente apto para entrar en competición con el componente en una reacción de enlace con otro elemento presente.
- [0016]** En este ejemplo, se supone que el componente químico o biológico a analizar está unido a partículas magnéticas. Estas partículas magnéticas presentan un ciclo magnético $B(H)$ no lineal para un campo magnético de excitación en el que la amplitud varía entre H_{\min} y H_{\max} . Por ciclo magnético, se designa aquí a la curva que representa la evolución de la inducción magnética B en las partículas magnéticas en función de la amplitud del campo magnético H de excitación.
- [0017]** En este ejemplo, las partículas magnéticas son canicas 6 en material superparamagnético. Estas canicas presentan un diámetro mayor comprendido normalmente entre 1 y 10 nanómetros. Los materiales superparamagnéticos utilizados aquí son, por ejemplo, los mismos que los descritos en la solicitud de patente presentada en el número FR 05 10 278. El ciclo magnético de estos materiales superparamagnéticos presenta además una fuerte no-linealidad para un campo magnético de excitación nula. Esta fuerza no lineal se traduce por la presencia de un extremo de función para un campo magnético nulo en la tercera derivada de la inducción magnética en relación al campo magnético. Este extremo de función es, en valor absoluto, el mayor de los extremos que puede presentar el ciclo magnético de tal material.
- [0018]** El equipo 2 comprende un receptáculo 7 listo para contener el medio de análisis 4, y un dispositivo 5 de medida de la masa del conjunto de canicas magnéticas contenidas en el receptáculo 7.
- [0019]** Por medio de análisis, se entiende una zona delimitada del receptáculo que es considerada por el dispositivo de medida.
- [0020]** El dispositivo 5 comprende un generador de campos magnéticos de excitación y un sensor 10 de inducción magnética en las canicas 6.
- [0021]** El receptáculo 7 está interpuesto entre el generador 8 y el sensor 10.
- [0022]** Como ejemplo, el receptáculo puede ser una pequeña columna rellena de material(es) poroso(s) o una tira de prueba que comprende al menos un material poroso, eventualmente contenido en una carcasa. Tales receptáculos son de uso común en los ámbitos de diagnóstico en investigación y medida de contaminantes (ver por ejemplo EP 1 262 766).
- [0023]** El generador 8 es apto para generar un campo magnético de excitación que comprende un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia. - Los componentes de baja frecuencia y de alta frecuencia corresponden respectivamente a picos de potencia en el espectro de potencia del campo magnético de excitación, respectivamente a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} . La frecuencia f_{HF} es diez veces superior a la frecuencia f_{BF} . Por ejemplo, la frecuencia f_{HF} es igual a 100 kHz, mientras que la frecuencia f_{BF} es igual a 1 kHz.
- [0024]** Preferiblemente, los componentes de baja frecuencia y alta frecuencia representan ellos solos al menos un 90% de la energía total del campo magnético de excitación. Esto mejora la eficacia energética del equipo 2. Más concretamente, la energía del campo magnético de excitación es repartida entre estos dos componentes de baja frecuencia y alta frecuencia de manera que cada uno de ellos se distingue claramente del ruido ambiente. Además, la energía del campo magnético de excitación elegida es suficientemente grande para que la amplitud del campo magnético producido barra todo el intervalo comprendido entre H_{\min} y H_{\max} .
- [0025]** Con este propósito, aquí, el generador 8 comprende una memoria 12 en la que se almacenan dos tablas 14 y 16. Las tablas 14 y 16 contienen cada una el conjunto de valores que definen una senoide, respectivamente, en las frecuencias f_{HF} y f_{BF} .
- [0026]** La memoria 12 está conectada a una tarjeta electrónica 18 lista para generar, a partir de los valores numéricos registrados en las tablas 14 y 16, una señal eléctrica que presenta un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia, de manera respectiva a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} . Para esto, la tarjeta 18 comprende un bloque 20 de conversión numérica analógica, de filtrado y amplificación listo para generar la señal eléctrica analógica a partir de los valores numéricos contenidos en las tablas 14 y 16. El bloque 20 está conectado a cada una de las extremidades de un bobinado 22 listo para transformar la señal eléctrica en un campo magnético de

excitación correspondiente.

[0027] La tarjeta 18 consta igualmente de un modulador 24 de fase. Este modulador está conectado a un reloj 26. El modulador 24 está listo para modular la fase del componente de baja frecuencia con una señal de modulación. La frecuencia a la que el valor de la señal de modulación es modificado es determinada por la frecuencia f_{mod} del reloj 26. Esta frecuencia f_{mod} es inferior o igual a $1/(T_m)$, donde T_m es un intervalo de medida que será definido con más detalle en esta descripción.

[0028] En este ejemplo, la señal de modulación es una señal periódica en forma de espacios de intervalo T_{mod} superior o igual a $2T_m$. Durante un intervalo T_{mod} , esta señal de modulación toma, durante un 50% del tiempo, el valor «+1» y durante el resto del tiempo, el valor «-1». A cada nodo que sube y desciende de la señal de modulación, la fase del componente de baja frecuencia es retardada π radianes.

[0029] Aquí, la introducción de un retardo de π radianes de la fase del componente de baja frecuencia se realiza por un salto en los valores de la tabla 16.

[0030] El sensor 10 está formado, por ejemplo, por un bobinado 30 situado en relación al receptáculo de manera que sea sensible al campo magnético producido por la inducción magnética en las canicas 6. Este bobinado 30 está conectado a un convertidor analógico numérico 32 que genera al salir una señal de medida $S(T)$ proporcional a la inducción magnética en las canicas 6.

[0031] El equipo 2 consta además de un filtro 34 listo para aislar en la señal $S(T)$ la amplitud de un componente de frecuencia f_m , donde la frecuencia f_m está definida por la siguiente relación:

$$f_m = m f_{HF} \pm n f_{BF}$$

donde m y n son números enteros no nulos.

[0032] Por ejemplo, el filtro 34 es un demodulador sincrónico. Este demodulador sincrónico está sincronizado en fase con el campo magnético de excitación por medio de una conexión 35. La desmodulación sincrónica supone disponer de un cierto número de puntos de señal $S(T)$. Por consiguiente, el filtro 34 aísla una amplitud $A(T)_p$ del componente de frecuencia f_m una única vez por intervalo de medida T_m . Normalmente, el intervalo T_m es inferior a 10 milisegundos y es preferiblemente inferior a 1 milisegundo. La sucesión temporal de amplitudes $A(T)_p$ forma una señal de amplitud $A(T)$.

[0033] La señal $A(T)$ es recibida por un demodulador 36.

[0034] El demodulador 36 comprende un multiplicador 40 listo para multiplicar la señal $A(T)$ por la misma señal de modulación que la utilizada por el modulador 24. A este efecto, la señal de modulación utilizada por el modulador 24 y por el multiplicador 40 es sincronizada, en fase, la una con la otra por el reloj 26. Aquí, el reloj 26 está conectado al multiplicador 40 por medio de una conexión 38.

[0035] El demodulador 36 comprende igualmente un filtro 42 listo para aislar a partir del resultado del multiplicador 40 una amplitud A_m . Por ejemplo, el filtro 42 consta de un acumulador listo para acumular q resultados de multiplicación realizados por el multiplicador 40, seguido de un divisor listo para dividir el resultado de la acumulación por este mismo número q con el fin de obtener la amplitud A_m .

[0036] En conclusión, el equipo 2 comprende un estimador 44 que, a partir de la amplitud A_m y de una señal de referencia A_{ref} registrada en una memoria 46, es apto para generar una estimación M_m de la masa del conjunto de canicas 6 presentes en el medio 4.

[0037] El funcionamiento del equipo 2 va a ser descrito ahora en más detalle y en relación al procedimiento de análisis de la figura 2.

[0038] El procedimiento se aplica a la detección y/o cuantificación de un componente biológico y/o químico (analito) susceptible de estar presente en un medio. El medio de análisis es entonces una muestra o una fracción de una muestra del medio puesto a prueba que ha sido puesto en presencia de partículas magnéticas o de un reactivo o de un análogo unido a estas partículas. Siguiendo una modalidad preferida, se estima la masa de material magnético que está concentrado con una fracción del medio de análisis en una zona delimitada del receptáculo, llamada comúnmente zona de reacción o de detección en los ámbitos de diagnóstico o investigación de

contaminantes. El receptáculo puede ser como se ha definido anteriormente. La concentración de material magnético en la zona delimitada puede realizarse mediante la inmovilización del analito y/o de colaboradores eventuales o reactivos de enlace, en presencia de canicas magnéticas unidas específicamente a uno de estos elementos, sobre un ligando, concretamente un ligando inmovilizado sobre un soporte sólido en la zona de detección. Como se conoce particularmente en el ámbito del diagnóstico, la reacción puede ser del tipo sándwich, bloqueo o competición.

[0039] Como ejemplo, en una prueba del tipo sándwich, destinada a detectar y cuantificar un antígeno, el analito es el antígeno, el reactivo es un anticuerpo marcado, es decir unido a partículas magnéticas, y el ligando es un anticuerpo específico del antígeno. El equipo detecta la señal emitida por el reactivo unido al analito, estando éste mismo unido al ligando.

[0040] Inicialmente, tras una etapa 60, el equipo 2 está estandarizado. Esta etapa 60 consiste en producir y registrar la señal de referencia A_{ref} en la memoria 46. Para esto, un medio 4 que contiene una masa estándar M_{ref} conocida de canicas 6 se coloca en el receptáculo. Después, la masa M_{ref} y el resultado A_{ref} de la medida de esta masa estándar son registradas con ayuda del equipo 2 en la memoria 46. Tras la etapa 60, la medida se realiza de la misma manera que la descrita a continuación.

[0041] Después, un medio 4 que contiene una masa desconocida M_m de canicas 6 se coloca en el receptáculo 7. El equipo 2 procede entonces a una fase 62 de generación de campo magnético de excitación.

[0042] Después de esta etapa 62, tras una etapa m64, la tarjeta 18 genera una sinusoidal numérica de baja frecuencia a partir de los valores contenidos en la tabla 16.

[0043] Después, tras una etapa 66, la fase de esta sinusoidal numérica de baja frecuencia es modulada con la señal de modulación por el modulador 24. Por ejemplo, a cada señal del reloj 26, el modulador salta automáticamente uno o varios valores de la tabla para avanzar la fase del componente de baja frecuencia generado. Aquí, el modulador 24 avanza la fase de la sinusoidal de baja frecuencia de π radianes a cada señal del reloj 26, donde 2π rad representa un componente de baja frecuencia.

[0044] De manera paralela, tras una etapa 68, la tarjeta 18 genera una sinusoidal de alta frecuencia a partir de valores registrados en la tabla 14. La fase de esta sinusoidal de alta frecuencia no es modulada.

[0045] Después, tras una etapa 70, la senoide numérica de baja frecuencia modulada en fase y la senoide numérica de alta frecuencia son añadidas la una a la otra.

[0046] Tras una etapa 72, el bloque 20 transforma en señal eléctrica analógica el resultado de la suma realizada durante la etapa 70. Esta señal eléctrica es transmitida entonces al bobinado 22 que lo transforma en campo magnético de excitación. El campo magnético de excitación presenta por tanto un componente de alta frecuencia en el que la fase no es modulada y un componente de baja frecuencia donde la fase es modulada por la señal de modulación.

[0047] Tras una etapa 74, el campo magnético de excitación excita las canicas 6 presentes en el medio 5, lo que produce una inducción magnética B en estas canicas. La inducción magnética genera respuesta un campo magnético de respuesta.

[0048] Tras una etapa 76, el sensor 10 transforma el campo magnético de respuesta en una señal numérica de mediada $S(T)$. A causa de la no linealidad del ciclo magnético $B(H)$, la señal $S(T)$ presenta componentes a frecuencias $m f_{HF} + n f_{BF}$. La amplitud de estos componentes a múltiples frecuencias f_{HF} y f_{BF} es representativa de la masa de canicas 6 presentes en el medio 4. En el ejemplo descrito aquí, únicamente interesa la amplitud del componente de frecuencia $f_m = f_{HF} + 2f_{BF}$.

[0049] Tras una etapa 78, la señal medida $S(T)$ es filtrada por el filtro 34 de manera que aisle la amplitud del componente f_m . Tras esta etapa 78, en caso de que el filtro sea un demodulador sincrónico, se realizan las siguientes operaciones:

- La señal $S(T)$ es multiplicada punto por punto con una sinusoidal de frecuencia f_m , estando sincronizada la sinusoidal de frecuencia f_m sobre la señal $S(T)$ por medio de la conexión 35. La sincronización consiste en mantener en fase la sinusoidal de frecuencia f_m con la señal $S(T)$.
- La acumulación de \underline{P} resultados sucesivos de la multiplicación.

- La división del resultado de la acumulación por el número \underline{p} con el fin de obtener un valor $A(T)_p$ de la señal $A(T)$.

[0050] El aspecto de la evolución de la señal $A(T)$ a lo largo del tiempo se ilustra en la figura 3 en el caso concreto en el que el componente de baja frecuencia no es modulado en fase. En la figura 3, el eje de abscisas representa el tiempo en milisegundos, mientras que el eje de ordenadas representa la amplitud de la señal $A(T)$. Como se puede ver en esta figura 3, la señal $A(T)$ está fuertemente contaminada.

[0051] La curva 81 de la figura 4 representa la evolución de la señal $A(T)$ a lo largo del tiempo mientras que el componente de baja frecuencia es modulado en fase en el caso concreto en el que el ruido en la medida es el mismo que el que se ha utilizado para obtener el gráfico de la figura 3.

[0052] Después, tras una etapa 80, la señal $A(T)$ es demodulada por el demodulador 36. Tras una etapa 80, el multiplicador 40 multiplica punto a punto la señal $A(T)$ por la señal de modulación. La señal de modulación está sincronizada con la señal $A(T)$ por medio de la conexión 38. Esta sincronización consiste en mantener en fase la señal de modulación y la señal $S(T)$.

[0053] La figura 4 representa la evolución a lo largo del tiempo de la señal de modulación superpuesta a la evolución a lo largo del tiempo de la señal $A(T)$. En la figura 4, la señal de modulación es una señal rectangular representada por la curva 82.

[0054] La figura 5 representa el resultado de la multiplicación de cada punto de la señal $A(T)$ por el punto correspondiente al mismo instante de la señal de modulación, es decir el resultado de la multiplicación de la curva 81 por la curva 82.

[0055] Después, siempre tras la etapa 80, el resultado de la multiplicación es transmitido al filtro 42 que filtra la señal multiplicada. Por ejemplo, la señal multiplicada es filtrada con ayuda de un simple medio deslizante durante \underline{a} valores sucesivos. \underline{a} es superior a 100 y preferiblemente superior a 1000.

[0056] La figura 6 representa con una curva 86 la acumulación a lo largo del tiempo de la señal multiplicada, es decir de la curva de la figura 5. En este mismo gráfico, una curva 88 representa la acumulación a lo largo del tiempo de la señal $A(T)$ obtenida sin poner en marcha la modulación de fases del componente de baja frecuencia, es decir de la curva de la figura 3. La comparación de las curvas 86 y 88 pone en evidencia que la eliminación de ruido es mucho más eficaz cuando el modulador 24 y el demodulador 40 se ponen en marcha que cuando el equipo 2 está desprovisto de tal modulador y tal demodulador.

[0057] En conclusión, tras una etapa 82, la amplitud A_m obtenida al salir del demodulador 36 es transmitida al estimador 44. El estimador 44 estima entonces la masa M_m de canicas 6 presentes en el medio 4 analizado a partir de esta amplitud A_m y, por ejemplo, de la masa M_{ref} y de la amplitud A_{ref} registrada en la memoria 46. Por ejemplo, una simple regla de tres permite obtener la estimación M_m .

[0058] Muchos otros modos de realización son posibles. Por ejemplo, el filtro 34 puede realizarse con la ayuda de otros medios que no sean un modulado sincrónico. Otros ejemplos de filtrado son descritos en la solicitud de patente EP 1 262 766.

[0059] Otros tipos de sensores de campo magnético que aquellos que constan de un bobinado 30 puede utilizarse. Por ejemplo un sensor de efecto Hall u otro puede utilizarse en lugar del sensor 10.

[0060] El equipo 2 ha sido descrito aquí en el caso concreto en el que \underline{m} es igual a 1 y \underline{n} igual a dos. Siempre, esto que se ha descrito se aplica a otros componentes de frecuencia. En concreto, se aplicará la siguiente regla:

- Si \underline{m} es igual a ± 1 y \underline{n} es distinto de ± 1 , entonces solo la fase del componente de baja frecuencia es modulada,
- Si \underline{n} es igual a ± 1 y \underline{m} es distinto de ± 1 , entonces solo la fase del componente de alta frecuencia es modulada, y
- Si los valores absolutos de \underline{m} y \underline{n} son ambos estrictamente superiores a 1, entonces es posible modular la fase, sea únicamente el componente de alta frecuencia, sea únicamente el componente de baja frecuencia, lo que se elija.

[0061] Debe destacarse que cualquiera que sea el modo de realización, al menos uno de los dos componentes no debe estar modulado en fase.

[0062] El dispositivo 5 ha sido descrito en el caso concreto en el que la señal de modulación es una señal periódica en forma de cuadrado. Como variante, esta señal de modulación puede reemplazarse por otra señal de

modulación en la que la forma de las ondas es la más próxima posible a una sinusoidal perfecta.

[0063] Lo que se ha descrito aquí se aplica igualmente en el caso de que la señal de modulación no sea periódica. Por ejemplo, la señal de modulación periódica puede ser reemplazada por una secuencia pseudoaleatoria.

5 A partir del momento en que la señal pseudoaleatoria es conocida de antemano, esto permite firmar la señal $A(T)$, lo que, a fin de cuentas, permite asilar más fácilmente la señal a medir del ruido.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medida de masa de material magnético (6) presente en un medio de análisis, comprendiendo este dispositivo:

5

- Un generador (8) de campo magnético de excitación de material magnético, comprendiendo este campo magnético al menos un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia, correspondiendo los componentes de baja frecuencia y de alta frecuencia a picos de potencia en el espectro de potencia del campo magnético de excitación de manera respectiva a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} , siendo la frecuencia f_{HF} estrictamente superior a la frecuencia f_{BF} ,

10

- Un sensor (10) listo para transformar el campo magnético inducido en el material magnético en respuesta al campo magnético de excitación, en una señal de medida,

- un filtro (34) listo para aislar la amplitud de un componente sinusoidal de la señal de medida a una frecuencia $m f_{HF} \pm n f_{BF}$, en donde m y n son números enteros no nulos, aislando este filtro un nuevo valor de amplitud en cada intervalo de medida T_m , formando la sucesión temporal de amplitudes aisladas por este filtro una señal de amplitud,

15

y
- Un estimador de la masa (44) de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud y de una señal de referencia obtenida a partir de una masa estándar del mismo material magnético medido en las mismas condiciones,

20

caracterizado porque:

- El generador (8) consta de un modulador (24) de la fase que compone la alta frecuencia y/o baja frecuencia con una señal de modulación en el que el valor está modificado con una frecuencia f_{mod} inferior o igual a $1/(T_m)$, y

25

- El dispositivo consta de un demodulador (36) listo para demodular la amplitud de la señal de amplitud a partir de la señal de modulación, estando conectado a la salida del filtro (34) y a la entrada del estimador (44).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el espectro de potencia de la señal de modulación presenta un pico de potencia para la frecuencia f_{mod} que concentra al menos un 80% de la potencia total de la señal de modulación.

30

3. Dispositivo según la reivindicación 2, en la que la señal de modulación es una senoide.

4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que m es igual a ± 1 , n es distinta de ± 1 , y el modulador es apto únicamente para modular la fase del componente de baja frecuencia.

35

5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que n es igual a ± 1 , m es distinta de ± 1 , y el modulador es apto únicamente para modular la fase del componente de alta frecuencia.

40

6. Equipo de análisis de un medio de análisis susceptible de contener un componente biológico y/o químico, incluyendo el medio a analizar partículas magnéticas (6) unidas al compuesto o a un reactivo que permita asegurar la detección y/o la cuantificación del componente, comprendiendo este equipo:

- Un receptáculo (7) listo para contener el medio de análisis (4), y

45

- Un dispositivo (5) de medida de la masa del conjunto de partículas magnéticas presentes en el medio de análisis, siendo el resultado de esta medida proporcional a la cantidad de componente a analizar presente en el medio de análisis.

caracterizado porque el dispositivo de medida está conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

50

7. Procedimiento de medida de la masa de material magnético presente en un medio de análisis, comprendiendo este procedimiento:

- La generación (62) de un campo magnético de excitación de material magnético, comprendiendo este campo magnético de excitación al menos un componente de baja frecuencia y un componente de alta frecuencia, correspondiendo los componentes de baja frecuencia y de alta frecuencia a picos de potencia en el espectro de potencia del campo magnético de excitación de manera respectiva a las frecuencias f_{BF} y f_{HF} , siendo la frecuencia f_{HF} al menos diez veces superior a la frecuencia f_{BF} ,

55

- La transformación (76) del campo magnético inducido en el material magnético en respuesta al campo magnético de excitación, en una señal de medida,

60

- El filtrado (78) de la señal de medida para aislar la amplitud de un componente sinusoidal en esta señal de medida a una frecuencia $m f_{HF} + n f_{BF}$, en donde m y n son números enteros no nulos, estando aislado un nuevo valor de amplitud en cada intervalo de medida T_m , formando la sucesión temporal de amplitudes aisladas por este filtro una señal de amplitud, y

- 5 - La estimación (82) de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud y de una señal de referencia obtenida a partir de una masa estándar del mismo material magnético medido en las mismas condiciones,

caracterizado porque el procedimiento comprende:

10

- La modulación (66) de la fase que compone la alta frecuencia y/o baja frecuencia con una señal de modulación en el que el valor está modificado con una frecuencia f_{mod} inferior o igual a $1/(T_m)$, y

- La desmodulación (80) de la amplitud de la señal de amplitud a partir de la señal de modulación, antes de realizar la estimación de la masa de material magnético presente en el medio de análisis a partir de la señal de amplitud

15 demodulada.

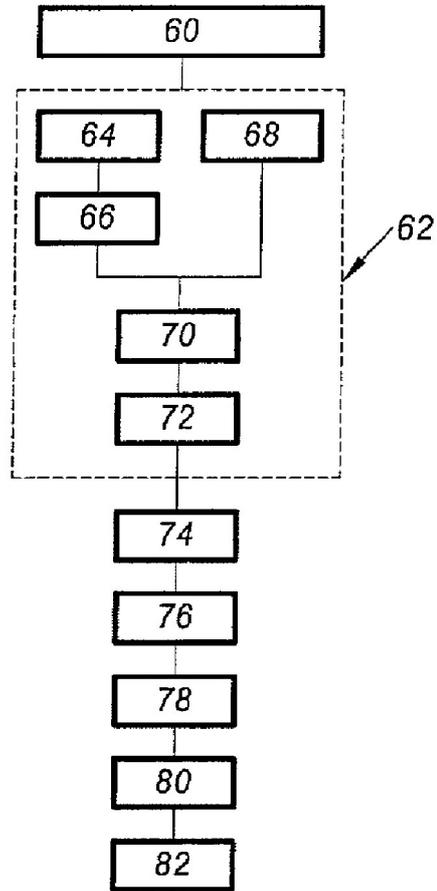


Fig.2

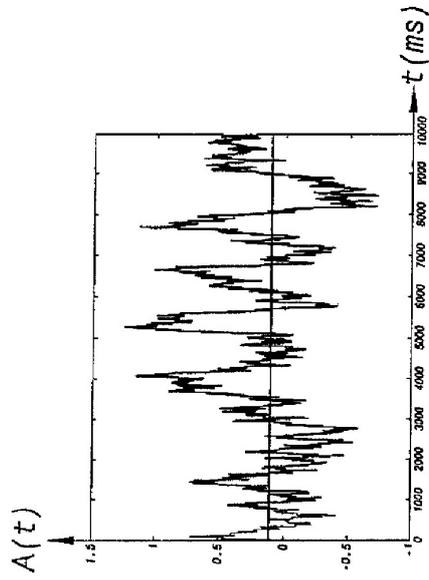


Fig.3

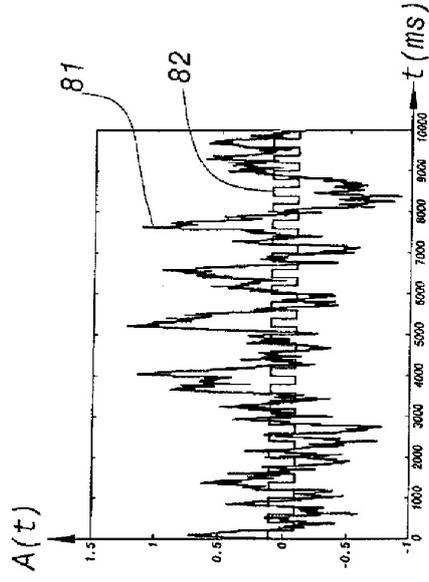


Fig.4

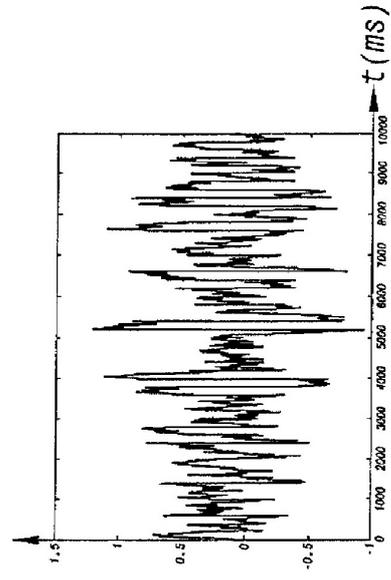


Fig.5

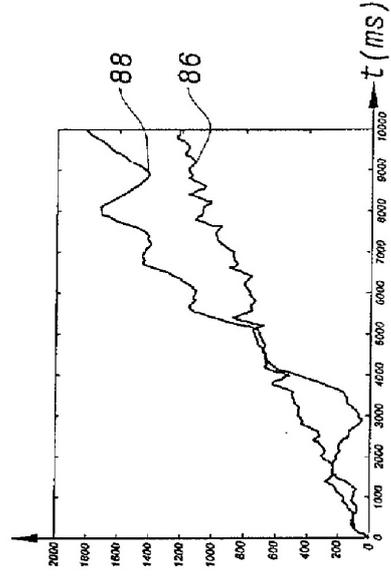


Fig.6