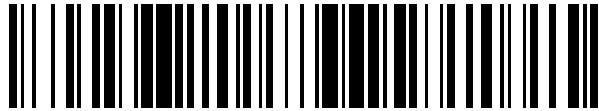


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 940**

21 Número de solicitud: 201331745

51 Int. Cl.:

G01R 33/12 (2006.01)

G01N 27/72 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

29.11.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.05.2015

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

08.06.2016

Fecha de la concesión:

10.06.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

17.06.2016

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)
C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**AROCA HERNÁNDEZ-ROS, Claudio;
COBOS ARRIBAS, Pedro;
DE MENDIZÁBAL VÁZQUEZ, Ignacio y
PÉREZ JIMÉNEZ, Marina**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Procedimiento de medida de parámetros magnéticos y de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de pequeñas muestras excitadas con campos magnéticos alternos o continuos**

57 Resumen:

Procedimiento de medida de parámetros magnéticos y de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de pequeñas muestras excitadas con campos magnéticos alternos o continuos.

El procedimiento permite caracterizar materiales magnéticos aplicando campos magnéticos alternos en un amplio rango de frecuencias utilizando un sistema mecánico resonante. La caracterización se hace con campos magnéticos creados con corrientes alternas, lo que permite gran variedad de medidas.

Se define un susceptómetro de gradiente de campo alterno que puede trabajar con campos excitadores de cualquier frecuencia. Para ello, el dispositivo consta de un electroimán (11) de ferrita capaz de generar campos tanto continuos como alternos del orden de 0,3 T, un sistema mecánico resonante de micro-lengüeta (2) oscilante, un sistema de detección (4) de posición del sistema resonante y unos carretes de hilo de cobre (6), capaces de generar un gradiente alterno de campo magnético.

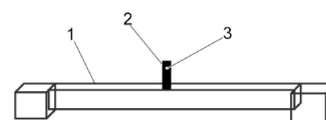


FIG. 1

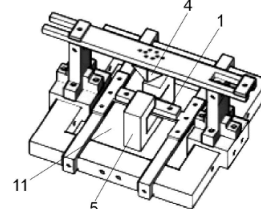


FIG. 2

ES 2 536 940 B2

**PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE PARÁMETROS MAGNÉTICOS Y DE LOS
ARMÓNICOS TEMPORALES TANTO EN FASE COMO EN CUADRATURA DEL
MOMENTO MAGNÉTICO DE PEQUEÑAS MUESTRAS EXCITADAS CON CAMPOS
MAGNÉTICOS ALTERNOS O CONTINUOS**

5

DESCRIPCIÓN

10

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para caracterizar materiales magnéticos aplicando campos magnéticos alternos, en un amplio rango de frecuencias, utilizando un sistema mecánico resonante.

15

De forma más concreta, la invención permite medir la imanación de muestras muy pequeñas, del orden de μg , las curvas de imanación habituales así como la permeabilidad o susceptibilidad magnética de la muestra, tanto su parte real como su parte imaginaria.

20

Esta gran variedad de medidas se puede realizar porque la caracterización se hace con campos magnéticos creados con corrientes alternas en lugar de con corrientes continuas como es habitual.

25

La invención además del método de medida empleado afecta igualmente al dispositivo para la puesta en práctica de dicho método, dispositivo que se materializa en un susceptómetro de gradiente de campo alterno, que puede trabajar con campos excitadores de cualquier frecuencia.

30

Consecuentemente, la invención se sitúa pues en el sector técnico de la instrumentación electrónica, concretamente en el de sistemas de medida y caracterización de materiales magnéticos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 Actualmente, los sistemas más extendidos para medir la susceptibilidad de materiales magnéticos, entre otras propiedades, son los del tipo inductivo. Estos sistemas utilizan una bobina de gran tamaño para crear un campo magnético alterno, dentro de la cual se introduce la muestra que se quiere analizar. A su vez, alrededor de este soporte se arrollan dos secundarios en oposición, sobre los que aparece una tensión inducida, debida a la variación de tensión en el primario y en el material magnético y cuya amplitud será proporcional a las propiedades magnéticas de la muestra. Esta tensión suele tener una amplitud muy baja, por lo que lo habitual es utilizar un amplificador Lock-In, cuya señal de referencia se obtiene a partir de la que se emplea para generar el campo magnético.

10 La principal limitación de esta clase de sistemas es el bajo campo magnético que imana la muestra (alrededor de 0.015 Teslas) y el excesivo aumento de la temperatura en la bobina que crea el campo al aumentar la corriente.

15 Paralelamente existen otros dos sistemas, el magnetómetro de muestra vibrante (VSM Vibrating Simple Magnetometer) y el magnetómetro de fuerza producida por un gradiente de campo alterno (AGFM Alternating Gradient Force Magnetometer).

20 Estos sistemas también miden la susceptibilidad magnética, pero se basan en un mecanismo totalmente diferente al que se utiliza en los sistemas inductivos. El primero de ellos, el VSM, utiliza un electroimán para crear un campo magnético continuo, que puede alcanzar valores muy altos (superiores a varias Teslas). En la parte central del electroimán se sitúa un actuador lineal verticalmente, sobre el que se coloca la muestra de material magnético y se desplaza periódicamente. A ambos lados del electroimán hay unos carretes, sobre los que aparece una tensión debida al movimiento de la muestra, cuya amplitud se detecta utilizando un amplificador Lock-In.

25 El segundo sistema, el AGFM, tiene un modo de funcionamiento inverso al anterior. Utiliza un electroimán para crear un campo continuo muy intenso, en cuyo centro se sitúa una lengüeta u oscilador sobre la cual se coloca la muestra. A su vez, a ambos lados de la lengüeta, hay unos carretes en oposición y de igual número de vueltas y en los que se

introduce una señal alterna de igual frecuencia que la frecuencia de resonancia de la lengüeta. De esta forma la lengüeta oscila de manera que la amplitud de la vibración se detecta y se obtiene la relación con la imanación de la muestra.

5 Si bien este segundo sistema resulta mucho más eficiente, los medios para producir el campo imanador, el proceso para generar la oscilación de la micro lengüeta y el tratamiento de la señal no resultan los más adecuados.

10 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

El procedimiento y el dispositivo para la puesta en práctica del mismo que la invención proponen resuelven de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, mejorando sensiblemente las prestaciones de los sistemas actuales.

15 Para ello, el procedimiento que se preconiza se basa en llevar a cabo la medida de los parámetros magnéticos de pequeñas muestras excitadas con campos magnéticos alternos o continuos mediante la detección de la oscilación de un sistema de resonancia mecánico excitado mediante un gradiente de campo alterno.

20 A la hora de determinar la frecuencia del gradiente del campo alterno, la misma puede ser igual a la suma de la frecuencia del campo excitador más la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante, o bien puede ser igual a la frecuencia del campo excitador menos la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante.

25 Esta metodología es igualmente aplicable a la hora de llevar a cabo la medida de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura, de manera que a la hora de determinar la frecuencia del gradiente del campo alterno, el procedimiento prevé las siguientes opciones:

30

.....

- Que la frecuencia del gradiente del campo alterno sea igual a la frecuencia del campo excitador menos la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante.
- 5 - Que la frecuencia del gradiente del campo alterno sea igual a la frecuencia del campo excitador más la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante.
- Que la amplitud del gradiente del campo alterno sea modulada en amplitud con
10 una frecuencia de la modulación múltiplo o sub múltiplo de la frecuencia del sistema mecánico resonante.

En cuanto a la medida de los parámetros magnéticos tanto en fase como en cuadratura (reales y complejos) se ha previsto que la amplitud del gradiente del campo alterno sea
15 modulada en amplitud con una frecuencia de la modulación múltiplo o sub múltiplo de la frecuencia del sistema mecánico resonante.

Paralelamente, y a la hora de llevar a cabo la medida de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético, la amplitud del gradiente del campo
20 alterno puede ser modulada en frecuencia con una frecuencia de modulación múltiplo o sub-múltiplo de la frecuencia del sistema mecánico resonante.

Esta metodología es igualmente aplicable a la hora de llevar a cabo la medida de los parámetros magnéticos tanto en fase como en cuadratura (reales y complejos) del momento
25 magnético de la muestra excitada.

El método descrito se lleva a cabo mediante un dispositivo con una instrumentación que permite medir la susceptibilidad, real y compleja, de los materiales magnéticos.

30 De forma más concreta, la caracterización de las muestras se realiza:

- Creando un campo magnético uniforme y alterno de amplitud y frecuencia controlables, que actúa sobre la muestra. Este campo induce en la muestra una

'''

5 imanación variable en el tiempo, con una frecuencia fundamental igual a la frecuencia del campo aplicado y cuya amplitud depende de la amplitud y frecuencia del campo aplicado. El momento magnético de la muestra será igual a su volumen multiplicado por su imanación. El momento magnético mencionado será también alterno en el tiempo.

- Adhiriendo la muestra sobre un sistema mecánico resonante de frecuencia de resonancia bien definida y conocida.

10 - Haciendo actuar sobre la muestra otro campo magnético alterno no homogéneo, tal que en la muestra crea un campo nulo, pero sin embargo, la componente del campo en la dirección de oscilación del sistema mecánico presenta un fuerte gradiente lineal en el entorno de la muestra. Este campo no actúa sobre la imanación de la muestra, ya que es cero en ella, pero produce una fuerza sobre
15 la misma, que es proporcional al producto del gradiente del campo por el momento magnético de la muestra, que a su vez es proporcional a la imanación de la misma. La frecuencia de la fuerza es igual a la del gradiente del campo si la imanación de la muestra se mantiene constante. Para conseguir esta situación, el campo magnético excitador, mencionado en el primer punto, debería ser constante en vez de alterno. En el caso de que el campo excitador
20 antes mencionado sea alterno, la fuerza sobre la muestra es compleja de evaluar y será tratada más adelante.

- Acoplado al sistema un detector de posición, que mide la oscilación del sistema mecánico resonante, de modo que, en todo momento, podemos medir la
25 amplitud, frecuencia y demás parámetros de la oscilación.

Si la fuerza neta que aparece sobre la muestra, y por tanto sobre el sistema mecánico, tiene una frecuencia igual a la frecuencia de resonancia del sistema mecánico, éste oscilará
30 y se podrá medir la amplitud y frecuencia de la oscilación y, a través de estas medidas, determinar la imanación de la muestra. Esto se hace fácilmente si la muestra está imanada por un campo constante y, por tanto, presenta un momento magnético también constante y

''

si la frecuencia del gradiente del campo que actúa sobre la muestra es igual a la frecuencia de resonancia del sistema mecánico. Esta es la base de funcionamiento del AGFM.

Pero si el momento magnético de la muestra m es alterno en el tiempo ($m=m_0\text{sen}(wt)$), la fuerza neta que aparece sobre la misma será cero, ya que lo es su imanación neta.

5

Seguidamente se demuestra que esto es así, excepto si la frecuencia del gradiente del campo magnético que actúa sobre la muestra es igual a la frecuencia de imanación de la muestra +/- la frecuencia de resonancia del sistema mecánico.

10

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la caracterización de las muestras se realiza excitando la muestra con:

- Un campo alterno de frecuencia f_1 y aplicando un gradiente de campo magnético en la muestra, en la dirección de oscilación del sistema mecánico de frecuencia f_2 . Se impone que $f_2 = f_1 \pm f_r$, siendo f_r la frecuencia de resonancia del sistema mecánico. De este modo, es posible medir la amplitud de la imanación de la muestra bajo la acción de un campo de cualquier frecuencia, incluso de un campo continuo.

15

- Un campo alterno de frecuencia f_1 y aplicando un gradiente de campo magnético en la muestra, en la dirección de oscilación del sistema mecánico de frecuencia también f_1 , pero modulado en amplitud con una frecuencia de modulación igual a la frecuencia de resonancia del sistema mecánico, f_r . Ajustando adecuadamente las fases de la frecuencia portadora y moduladora, es posible medir la amplitud y la fase de la imanación respecto al campo imanador y, por tanto, determinar los valores complejos de la imanación, la potencia disipada por la muestra y las permeabilidades, susceptibilidades complejas y demás parámetros que caracterizan magnéticamente a la muestra.

20

25

- Un campo alterno de frecuencia f_1 y aplicando un gradiente de campo magnético en la muestra, en la dirección de oscilación del sistema mecánico, de frecuencia también f_1 , pero modulado en frecuencia, con una frecuencia de modulación igual a la frecuencia de resonancia del sistema mecánico, f_r .

30

Ajustando adecuadamente las fases de la frecuencia portadora y moduladora, es posible medir la amplitud y la fase de la imanación respecto al campo imanador y, por tanto, determinar los valores complejos de la imanación, la potencia disipada por la muestra y las permeabilidades, susceptibilidades complejas y demás parámetros que caracterizan magnéticamente a la muestra.

5

A continuación se presentan los fundamentos físicos y matemáticos en los que se basa el sistema de medida.

10

Si aplicamos a la muestra un campo magnético excitador, \mathbf{H} , alterno, de amplitud, H_0 , y frecuencia ω_1 .

$$\vec{H} = H_0(z) \sin(\omega_1 t) \vec{U}_z$$

15

H_0 puede no ser espacialmente uniforme y por tanto depender de z . Suponemos así mismo, que el campo excitador, \mathbf{H} , también tiene la dirección del eje z .

El momento magnético inducido en la muestra, $\mathbf{m}(t)$ puede escribirse como:

$$\vec{m}(t) = \sum_{i=1}^n (Ma_i \sin(i\omega_1 t) + Mb_i \cos(i\omega_1 t)) \vec{U}_z$$

20

Siendo Ma_i y Mb_i las constantes de desarrollo en serie de Fourier de $\mathbf{m}(t)$.

Como se ha comentado, el campo excitador, \mathbf{H} , puede ser espacialmente variable y, por tanto, el gradiente de la componente z del campo puede ser también no nulo, por lo que aparecerá una fuerza sobre la muestra

25

$$\vec{F} = \vec{m}(t) \nabla H_z = \nabla H_0(z) \sin(\omega_1 t) \sum_{i=1}^n (Ma_i \sin(i\omega_1 t) + Mb_i \cos(i\omega_1 t)) \vec{U}_z$$

Cuyo valor medio será:

$$\langle \vec{F} \rangle = \frac{1}{2} \nabla H_0(z) Ma_1$$

Es, por tanto, una fuerza constante, que no hará oscilar el sistema de resonancia mecánica.

....

Si introducimos un sistema de bobinas capaces de crear un campo magnético alterno espacialmente variable, de modo que crea un campo cero en la muestra y un gradiente de campo alterno de amplitud g_0 y pulsación w_2 .

$$\vec{g} = g_0(z) \sin(w_2 t) \vec{U}_z$$

5 La fuerza sobre la muestra será:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= g_0 \sin(w_2 t) \sum_{i=1}^n (Ma_i \text{sen}(i\omega_1 t) + Mb_i \text{cos}(i\omega_1 t)) \vec{U}_z \\ &= \sum_{i=1}^n g_0 Ma_i (\text{sen}(i\omega_1 + w_2)t + \text{sen}(i\omega_1 - w_2)t) \\ &\quad + g_0 Mb_i (\text{cos}((i\omega_1 - w_2)t) - \text{cos}((i\omega_1 + w_2)t)) \vec{U}_z \end{aligned}$$

10 Por tanto, sólo oscilará el sistema mecánico resonante si:

- $w_1 = 0$ y $w_2 = w_r$, siendo w_r la pulsación de resonancia del sistema mecánico. Esto es, el campo aplicado es constante en el tiempo y, por tanto, también lo es el momento magnético de la muestra y la fuerza que aparece es:

15
$$\vec{F} = g_0 \sin(w_2 t) \sum_{i=1}^n (Mb_i) \vec{U}_z$$

La fuerza tiene la frecuencia de resonancia del sistema mecánico y, por tanto, éste oscila con una amplitud proporcional a $g_0 \sum Mbi$

- 20
- $iw_1 - w_2 = w_r$ o si $iw_1 + w_2 = w_r$. Por tanto, eligiendo adecuadamente la frecuencia del gradiente del campo, podemos medir el armónico del momento magnético que deseemos y la amplitud proporcional a g_0, Mb_i . Si bien la resonancia puede aparecer por los términos en seno, o por los términos en coseno, o por una combinación de ambos.

Esto queda más explícito si $w_2 = iw_1 + w_r$. En este caso, desaparece el sumatorio, y:

25
$$\begin{aligned} \vec{F} &= g_0 \sin((i\omega_1 + w_r)t) (Ma_i \text{sen}(i\omega_1 t) + Mb_i \text{cos}(i\omega_1 t)) \vec{U}_z \\ &= Ma_i g_0 (\text{sen}(2i\omega_1 + w_r)t - \text{sen}(w_r t)) + g_0 Mb_i (\text{cos}(w_r t) \\ &\quad - \text{cos}((2i\omega_1 + w_r)t)) \vec{U}_z \end{aligned}$$

El sistema mecánico oscilara con los términos que tengan la pulsación de resonancia

''''

$$F = -Ma_i g_0 (\text{sen}(w_r t)) + g_0 Mb_i (\text{cos}(w_r t))$$

Si $w_2 = iw_1 - w_r$, nos queda

5

$$\begin{aligned} \vec{F} &= g_0 \sin((i\omega_1 - w_r)t) (Ma_i \text{sen}(i\omega_1 t) + Mb_i \text{cos}(i\omega_1 t)) \vec{U}_z \\ &= Ma_i g_0 (\text{sen}(2i\omega_1 - w_r)t + \text{sen}(iw_r t)) + g_0 Mb_i (\text{cos}(w_r t) \\ &\quad - \text{cos}((2i\omega_1 - w_r)t)) \vec{U}_z \end{aligned}$$

De nuevo, el sistema mecánico oscilará con los términos que tengan la pulsación de resonancia

10

$$F = Ma_i g_0 (\text{sen}(w_r t)) + g_0 Mb_i (\text{cos}(w_r t))$$

Por tanto, en ambos casos, el sistema oscilará con una combinación de los términos reales e imaginarios del momento magnético y, por tanto, de la susceptibilidad.

15

Pero si se excita la muestra con un gradiente

$$g = g_0 (\text{sen}((i\omega_1 + w_r)t) + \text{sen}((i\omega_1 - w_r)t)) = 2g_0 \sin(w_1 t) \cos(w_r t)$$

20

Esto es, con una señal de pulsación iw_1 , modulada en amplitud con la pulsación de resonancia, nos queda

$$F = 2g_0 Mb_i (\text{cos}(w_r t))$$

25

O sea, el sistema mecánico oscila con una amplitud proporcional a la parte real del momento magnético.

Mientras que, si se excita la muestra con un gradiente:

$$g = g_0 (\text{sen}((i\omega_1 + w_r)t) - \text{sen}((i\omega_1 - w_r)t)) = 2g_0 \cos(w_1 t) \sin(w_r t)$$

30

Esto es, con una señal de pulsación iw_1 , modulada en amplitud con la pulsación de resonancia y desfasada $\pi/2$ con la anterior, nos queda

.....

$$F = 2g_0Ma_i(\text{sen}(w_r t))$$

5 El sistema mecánico oscila con una amplitud proporcional a la parte imaginaria del momento magnético.

Por tanto, se elimina la indeterminación y queda demostrado que la presente invención es capaz de funcionar como un AGFM clásico y además puede medir con campos alternos y determinar todos los parámetros tanto reales como imaginarios del momento magnético.

10 **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

20 La figura 1.- Muestra una representación esquemática en perspectiva de la micro-lengüeta que se establece sobre el soporte mecánico que participa en el dispositivo de la invención.

La figura 2.- Muestra una vista esquemática en perspectiva del electroimán de ferrita y dotado de las correspondientes bobinas que participan en el dispositivo de la invención.

25 La figura 3.- Muestra una vista esquemática de un modelo en tres dimensiones del soporte mecánico que participa en la invención.

La figura 4.- Muestra un esquema de la situación de los elementos que crean el campo magnético junto a la micro-lengüeta de la figura 1.

30 La figura 5.- Muestra un esquema de la situación de los carretes generadores del gradiente de campo respecto al electroimán visto desde arriba, dejándose ver el orificio sobre el que

''''

se hace pasar la micro-lengüeta.

La figura 6.- Muestra, finalmente, un diagrama de bloques de los distintos elementos que participan en la invención.

5

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

10 Tal y como se puede observar en la figura 1, para llevar a cabo el procedimiento de la invención se ha previsto un dispositivo o equipo en el que participa un soporte mecánico (1), en cuya zona media se dispone una micro-lengüeta (2) de vidrio como sistema resonante de escaso grosor, sobre la que se adhiere una muestra de material amorfo, con alta susceptibilidad y permeabilidad.

15 Tal y como se ha expuesto con anterioridad, el sistema debe permitir medir la amplitud de oscilación del sistema resonante en función del campo magnético alterno que imana la muestra de material magnético, así como en función del gradiente de campo aplicado.

20 Para medir la posición de la micro lengüeta (2) se emplea un sistema óptico, donde el emisor lo compone un láser rojo modulado con una señal cuadrada a una frecuencia de 4,6 KHz y el receptor está formado por un fotodetector de cuatro cuadrantes junto a una serie de etapas electrónicas donde se suman y restan las cuatro señales, cada una correspondiente a un cuadrante, para al final, detectar la que permite medir la vibración transversal con un amplificador Lock-In, lo que proporciona una señal de tensión continua
25 proporcional a la posición del haz de luz respecto al origen, y con lo que se consigue eliminar interferencias y la luz ambiente.

30 La forma de detectar el movimiento de la micro lengüeta (2) es adhiriendo un pequeño espejo (3) en la parte superior y colocando el sistema óptico (4) de manera que la luz del emisor incida sobre el espejo y a su vez se refleje hasta llegar al detector. Para lograr un ajuste preciso e inmune a las vibraciones mecánicas se ha diseñado un soporte hecho con un material no magnético que permite ajustar la posición de cada elemento con tornillos.

''''

5 En las figura 2 se encuentran el modelo en tres dimensiones del soporte (1) junto al electroimán del detector óptico (4), donde en las dos piezas triangulares situadas en la parte superior central se encuentran, adheridos sobre su cara oblicua, un espejo en cada uno para dirigir el haz de luz.

10 Para imanar la muestra se emplea un núcleo de ferrita (5) sobre el que se arrollan hilos de cobre (6) para fabricar el electroimán que imana la muestra utilizando un campo magnético alterno.

Dicho elemento aparece representado con mayor detalle en la figura 3, de manera que en el entrehierro (7) del electroimán es donde se sitúa la micro lengüeta (2), ya que es la zona donde el campo magnético es más constante.

15 Para excitar el electroimán se emplea un circuito resonante serie excitado por una señal cuadrada, que se genera con un microcontrolador (8) PIC 16F887, señal que es amplificada mediante un amplificador (9), de manera que con un circuito resonante (10) se evita el tener que excitar el electroimán (11) con una señal sinusoidal.

20 En la figura 4, se muestra un esquema de la situación de los elementos que imanar la muestra mientras que en la figura 5, puede observarse el electroimán (11) y los carretes de hilo de cobre (6) que generan el gradiente del campo, que se fabrican diseñando un soporte cilíndrico también de material no magnético y enrollando hilo de cobre muy fino alrededor del mismo y en los dos extremos, dando el mismo número de vueltas pero en sentido
25 contrario para conseguir un campo magnético nulo en el centro, donde se define un orificio (12) a través del cual se hace pasar la micro lengüeta (2). Los carretes de hilo de cobre (6) se excitan utilizando un generador (13) de señal de alta precisión a través de una resistencia con la que se mide la corriente que circula.

30 Opcionalmente, los carretes de hilo de cobre (6) podrán tener un núcleo magnético.

''''

En la figura 6 aparece el diagrama de bloques del sistema donde se ve que el microcontrolador (8) PIC está controlado por un ordenador (14) a través del puerto serie, con lo que se consigue variar la frecuencia de la señal que excita al electroimán.

5 El primer paso consiste en medir la frecuencia de resonancia de la micro lengüeta (2) calibrando el detector óptico y golpeando ligeramente el soporte mecánico, obteniendo siempre frecuencias del orden de 100 Hz.

10 A continuación, el modo de proceder es en primer lugar excitar el electroimán con una señal de frecuencia entre 400 Hz y 15 KHz e ir aumentando la frecuencia del generador de señal de alta precisión hasta observar el primer máximo de vibración a la salida del Lock-In, lo que nos da la primera resonancia, con lo que la micro lengüeta (2) oscila con una amplitud más que suficiente para poder medirla y luego seguir aumentando la frecuencia hasta dar con la
15 segunda resonancia. Restando la frecuencia de excitación del electroimán con la de los carretes se obtiene en ambos casos la frecuencia de resonancia mecánica de la micro lengüeta.

20

REIVINDICACIONES

1^a.-Procedimiento de medida de parámetros magnéticos y de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de pequeñas muestras
5 excitadas con campos magnéticos alternos o continuos, caracterizado porque consiste en la creación de un campo magnético o gradiente de campo alterno, de amplitud y frecuencia controlables que actúa sobre una muestra que se adhiere a un sistema mecánico resonante de frecuencia de resonancia definida y conocida, de manera que sobre la muestra se hace actuar otro campo magnético alterno no homogéneo, tal que en la
10 muestra crea un campo nulo, con la particularidad de que la fuerza neta que se genera sobre la muestra es distinta de cero, tras lo que se procede a la medición de la oscilación del sistema de resonancia.

2^a.- Procedimiento de medida de parámetros magnéticos y de los armónicos temporales
15 tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de pequeñas muestras excitadas con campos magnéticos alternos o continuos, según reivindicación 1^a, caracterizado porque la frecuencia del gradiente del campo alterno ha de ser igual a la suma de la frecuencia del campo excitador más la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante.

20 3^a.- Procedimiento de medida de parámetros magnéticos y de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de pequeñas muestras excitadas con campos magnéticos alternos o continuos, según reivindicación 1^a, caracterizado porque
25 la frecuencia del gradiente del campo alterno ha de ser igual a la frecuencia del campo excitador menos la frecuencia de resonancia del sistema mecánico resonante.

4^a.-Procedimiento, según reivindicación 1^a, caracterizado porque para la medida de los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de las
30 pequeñas muestras excitadas, la amplitud del gradiente del campo alterno es modulada en amplitud con una frecuencia de modulación múltiplo o sub múltiplo de la frecuencia del sistema mecánico resonante.

5^a.- Procedimiento, según reivindicación 1^a, caracterizado porque cuando se trata de medir los armónicos temporales tanto en fase como en cuadratura del momento magnético de las pequeñas muestras excitadas, la amplitud del gradiente del campo alterno es modulada en frecuencia con una frecuencia de modulación múltiplo o sub múltiplo de la frecuencia del sistema mecánico resonante.

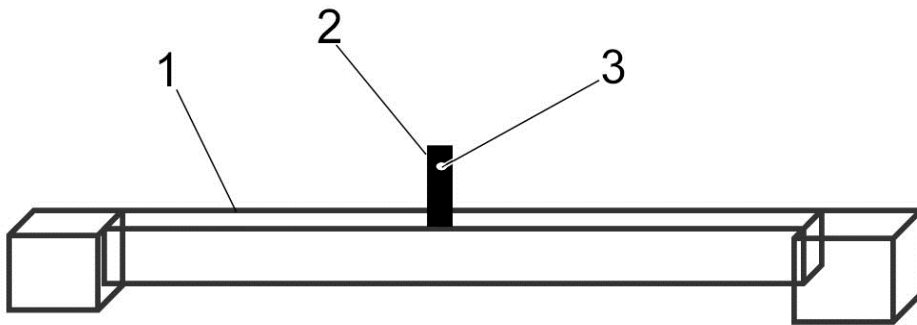


FIG. 1

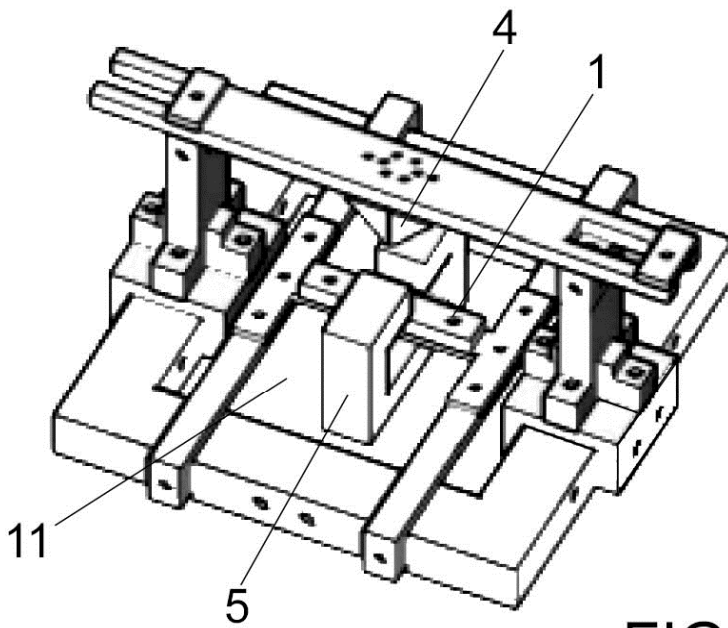


FIG. 2

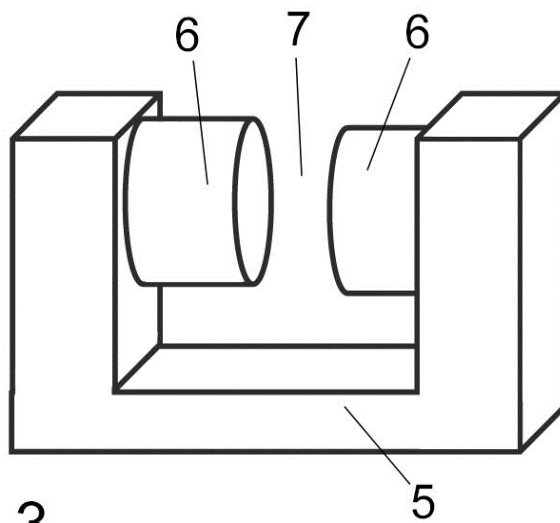


FIG. 3

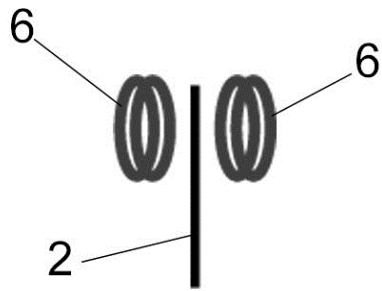


FIG. 4

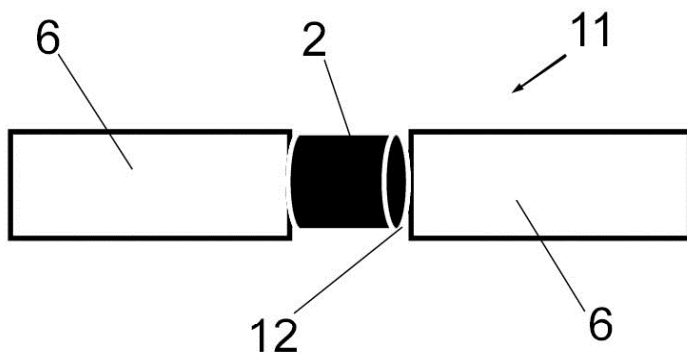


FIG. 5

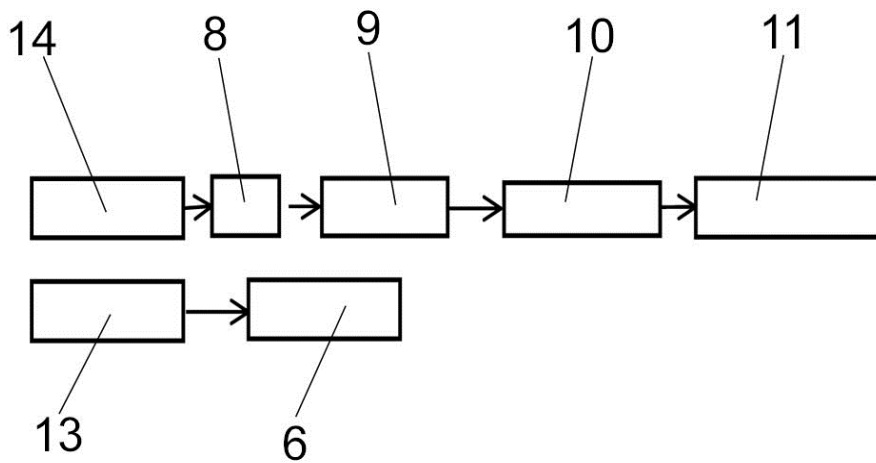


FIG. 6



- ②① N.º solicitud: 201331745
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.11.2013
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R33/12** (2006.01)
G01N27/72 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	ES 2339622 A1 (INST NAC DE TECNICA AEROESPACIAL ESTEBAN TERRADAS) 21.05.2010, página 2, línea 40 – página 3, línea 67; página 4, línea 41 – página 5, línea 27; figuras.	6 1-5
X A	US 6037769 A (UNIV MANCHESTER METROPOLITAN) 14.03.2000, resumen; figura 1.	6 1-5
X A	WO 0167122 A2 (UNIV JOHNS HOPKINS et al.) 13.09.2001, página 2, línea 8 – página 3, línea 5; figura 1A.	6 1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
01.09.2014

Examinador
E. P. Pina Martínez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R, G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, IEEE

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.09.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-6	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones 6	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2339622 A1 (INST NAC DE TECNICA AEROESPACIAL)	21.05.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud. Este documento afecta a los requisitos de patentabilidad de la reivindicación, tal y como se explicará a continuación.

Reivindicación 6

En el documento D01 se describe un dispositivo para la medida de parámetros magnéticos que comprende los siguientes elementos estructurales (las referencias entre paréntesis se corresponden con D01):

- unos medios generadores de campo (1) consistentes un varias bobinas (10-13) capaces de generar campos magnéticos uniformes o no uniformes, tanto alternos como continuos.
- un sistema mecánico resonante (3) que puede ser en una lengüeta oscilante (pág. 3, lín. 46)
- un sistema de detección (8, 17) de la posición del sistema resonante.

Este dispositivo, que se considera susceptible de implementar el método reivindicado en la solicitud, es estructuralmente equivalente al dispositivo reivindicado en la misma, más allá de algunas diferencias que se consideran alternativas constructivas obvias, como la utilización de un electroimán en lugar de bobinas.

Por tanto, a la vista del estado de la técnica anterior, la reivindicación 6 no satisface el requisito de actividad inventiva que establece el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

Reivindicaciones 1-5

En cuanto al método reivindicado se considera que presenta algunas diferencias esenciales con el método descrito en D01, en particular, la aplicación simultánea de un gradiente de campo magnético alterno y un campo magnético alterno excitador de la muestra.

Si bien el método descrito en D01 utiliza un gradiente de campo alterno tal que su valor es nulo en el lugar en el que se sitúa el material magnético duro (ver pág. 4, líneas 41-46) y que genera una fuerza neta que provoca la vibración del sistema mecánico resonante en virtud de la interacción con el momento magnético no nulo de dicho material, en este método no se prevé la aplicación de un campo magnético alterno que actúe sobre una muestra de material emplazado en la estructura vibrante.

Esta diferencia tiene como consecuencia que el método descrito en D01 no sería adecuado para medir armónicos temporales del momento de imanación de una muestra magnética situada en el sistema resonante, puesto que para ello sería necesario la aplicación de un campo alterno adicional al gradiente con una relación de frecuencias como las que se establecen en la reivindicaciones 2-5, que son las que provocan que la fuerza neta sea distinta de cero, incluso siendo nula la imanación neta de la muestra. Se considera que esta característica del método reivindicado no podría derivarse de una manera evidente a partir estado de la técnica anterior, si no que requeriría de cierto esfuerzo inventivo por parte de un experto en la materia.

En conclusión, se considera que las reivindicaciones 1-5 satisfacen los requisitos de novedad y actividad inventiva que se establecen en los artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.