(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 281 253**

(21) Número de solicitud: 200501860

(51) Int. Cl.:
G01R 33/04 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **28.07.2005**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2007**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **16.09.2007**

(71) Solicitante/s: **Universidad Complutense de Madrid**
Rectorado - Avenida de Séneca, 2
28040 Madrid, ES

(72) Inventor/es: **Rivero Rodríguez, Guillermo;**
Hernando Grande, Antonio;
Martín Blanco, Elena;
Multigner Domínguez, Marta y
Spottorno Giner, Jorge

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Sensor de campo magnético miniaturizado con núcleo magnético helicoidal.**

(57) Resumen:
Sensor de campo magnético miniaturizado con núcleo magnético helicoidal.
El dispositivo es un sensor de campo magnético tipo “fluxgate”, con un núcleo ferromagnético novedoso de dimensiones reducidas, que mide la magnitud y la dirección de campos magnéticos continuos o campos alternos de baja frecuencia.
El dispositivo consiste en un substrato tubular de cobre policristalino de pequeñas dimensiones (aproximadamente 1 cm de largo y 2 mm de diámetro) y sobre él dos hélices de material ferromagnéticamente blando depositadas por vía electrolítica en sentidos opuestos; ésta técnica de depósito permite hacer núcleos de bajo espesor, (del orden de micras) lo que permite rebajar mucho el volumen y el peso del sensor. Otra ventaja principal respecto a los fluxgate convencionales es la eliminación del arrollamiento primario, ya que el campo se crea haciendo pasar la corriente por el substrato tubular de cobre. Esto permite la fabricación de un sensor fluxgate mucho más compacto y reducido

ES 2 281 253 A1

DESCRIPCIÓN

Sensor de campo magnético miniaturizado con núcleo magnético helicoidal.

Objeto de la invención

La presente invención, según se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un sensor magnético de pequeñas dimensiones, destinado a la medida de campos magnéticos estacionarios y/o de baja frecuencia (de cero a veinte Hz). El dispositivo es un sensor de tipo "fluxgate" que utiliza como núcleos magnéticos dos hélices de igual paso y sentidos de giro opuestos de una aleación amorfa ferromagnética de alta permeabilidad. El campo técnico de esta invención se enmarca en el área del Magnetismo.

Estado de la técnica anterior. Antecedentes

En la bibliografía científica se describe una amplia variedad de sensores magnéticos tipo "fluxgate" para la medida de campos magnéticos continuos (DC) o alternos (AC) de baja frecuencia. Una buena referencia es el artículo "Advances in fluxgate sensors", (Pavel Ripka, Sensors and Actuators A 106, 2003, 8-14). Estos sensores resultan especialmente aplicables en la detección de objetos metálicos magnéticos, en investigación espacial y submarina, determinando rumbos de navegación y en la detección e identificación de buques, submarinos y aviones; en el ámbito de los ferrocarriles para la detección de paso de unidades móviles, en geofísica, para medir las variaciones en el campo magnético terrestre, etc. En presencia de un campo magnético continuo, estos sensores "fluxgate" presentan una detección sensible en el segundo harmónico, recogiendo una señal de frecuencia doble que la de excitación y proporcional al campo magnético.

Los sensores tipo "fluxgate" mas convencionales consisten en dos núcleos ferromagnéticos provistos de sendos arrollamientos de excitación y de detección. En la bibliografía aparece un sensor de campo, patente de invención n° ES2021539, constituido por una matriz cilíndrica de material no magnético y en su interior un hilo amorfo ferromagnético con anisotropía helicoidal. Sobre la matriz se establecen arrollamientos de detección y compensación. Otra patente sobre sensor "fluxgate" es n° ES2021540, que incorpora un núcleo de material amorfo, y sobre él tres matrices cilíndricas, coaxiales y no magnéticas sobre las que se arrollan dos bobinas de excitación conectadas en serie en sentido opuesto, y una bobina de detección. La patente n° GB204460 describe un "fluxgate" con un núcleo en forma de anillo y bobinados toroidalmente a su alrededor, tres arrollamientos secundarios, dos de ellos dispuestos en sentido opuesto.

El principal problema de estos sensores tipo "fluxgate" es su apreciable tamaño, del orden de varios centímetros, impuesto por la forma del núcleo ferromagnético y los bobinados. El sensor objeto de esta memoria presenta un tamaño del orden de mm y un núcleo en forma de doble hélice diferente a todas las descritas, y además no precisa de bobina de excitación.

Aparecen además, en la bibliografía, otros sensores micro "fluxgate" como el que se describe en la patente n° US2005024050, de dimensiones reducidas, pero realizados con técnicas de microfabricación mucho más sofisticadas, costosas y complejas.

Explicación de la invención

El objeto de esta nueva invención es la disminución del tamaño del sensor, consiguiendo un "fluxgate" mucho más compacto y reducido, con alta sensibilidad y óptimas prestaciones.

Para ello, el sensor que se describe está constituido por un tubo o cilindro de un material conductor, como el cobre, de pequeñas dimensiones y sobre él dos hélices, consecutivas a lo largo del cilindro unidas en el centro del mismo, de la misma longitud, de igual paso y sentidos de giro opuestos, de material amorfo ferromagnéticamente blando, depositadas con estructura multicapa por vía electrolítica.

Dicho tubo o cilindro se coloca en el interior de una matriz de material no conductor, sobre la que se disponen dos arrollamientos: uno de detección y otro de compensación y medida. Una corriente excitadora de frecuencia ω, $I_\omega(t)$, se hace circular por el tubo o cilindro de material conductor, no siendo necesarios los clásicos arrollamientos de excitación o primarios, lo que disminuye, al menos en un orden de magnitud, el volumen del sensor respecto a los sensores "fluxgate" convencionales. La corriente de excitación genera un campo magnético azimutal $\vec{H}(t)$, de frecuencia ω, en el exterior del tubo o cilindro de cobre, y debido a la anisotropía de forma de las hélices electrodepositadas sobre dicho tubo o cilindro, la imanación $\vec{M}(t)$de frecuencia ω, generada en ellas, sigue la dirección de dichas hélices.

En consecuencia, la inducción magnética o densidad de flujo en dichas hélices, $\vec{B}(t) = \mu_0\,[\vec{H}(t) + \vec{M}(t)]$ es también de frecuencia ω. En ausencia de un campo magnético exterior, el flujo magnético total que recoge el arrollamiento de detección en dirección axial es nulo, ya que el campo $\vec{H}(t)$ es azimutal y la componente axial de la imanación $\vec{M}(t)$ es igual y opuesta en ambas hélices. Por lo tanto no se induce ninguna señal de voltaje en dicho arrollamiento de detección.

Cuando actúa un campo externo $\vec{H}$ext, los estados de imanación de ambas hélices ya no son iguales: una hélice está sometida a un campo total $\vec{H}(t) + \vec{H}$ext, y la otra está sometida a un campo $\vec{H}(t)$-$\vec{H}$ext, la primera tendrá mayor imanación que la segunda y el flujo neto a través de dicho arrollamiento de detección ya no es nulo, induciéndose en dicho arrollamiento un voltaje, $V_{2\omega}$ de doble frecuencia que la corriente alterna excitadora.

Este dispositivo utiliza una electrónica constituida por una etapa de generación de señales, una etapa de excitación y una etapa de detección y medida.

Cuando se detecta un voltaje $V_{2\omega}$, en el arrollamiento de detección el sistema electrónico hace pasar una corriente eléctrica por el arrollamiento de compensación y medida, que crea un campo opuesto al campo externo hasta que la señal de voltaje $V_{2\omega}$, inducida en dicho arrollamiento de detección, se anula. En ese momento la componente axial del campo compensador $\vec{H}$comp, creada por el arrollamiento de compensación y medida, tiene la misma intensidad que la componente axial del campo externo $\vec{H}$ext, obteniéndose así el valor de dicho campo externo $\vec{H}$ext.

Descripción de los dibujos

Para facilitar la comprensión de las características de la invención y formando parte integrante de esta memoria descriptiva, se acompañan una serie de planos en cuyas figuras, con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado:

Fiqura 1: muestra de una sección axial del sensor constituido por:

- substrato tubular de cobre (1)
- dos hélices de material magnético (2), depositadas sobre dicho substrato (1) por vía electrolítica.
- una matriz de material no conductor (3)
- un arrollamiento de detección (4)
- un arrollamiento de compensación (5)
- esquema de la corriente de excitación $I_{\omega}(t)$ (6), el campo exterior $\vec{H}$ext (7) y el campo compensador $\vec{H}$comp (8).

Figura 2: esquema del circuito electrónico en la etapa de alimentación: generación de señales.

Fiqura 3: esquema del circuito electrónico en la etapa de alimentación: excitación.

Fiqura 4: esquema del circuito electrónico en la etapa de salida: detección y medida.

Realización de la invención

Haciendo referencia a la numeración que se indica en la figura 1, podemos observar el sensor magnético constituido por un substrato tubular o cilíndrico de cobre, de 10 mm de largo y 2 mm de diámetro (1), y sobre él dos hélices de material amorfo ferromagneticamente blando con estructura multicapa (2), con una anchura de cada hélice de 1,5 mm aproximadamente, que se obtienen por la técnica de electrodeposición aplicando pulsos de corriente. La electrólisis se realiza sobre un tubo o cilindro de cobre sobre el que se ha pegado una máscara no conductora, cuya ventana tiene la forma de las hélices descritas de manera que el depósito electrolítico tenga lugar a través de dicha ventana en la zona del sustrato que está descubierta y en contacto con el electrolito. Esta técnica de depósito permite hacer núcleos homogéneos de bajo espesor (5 - 15 micras) y anchura uniforme (1 - 2 mm.). Las dos hélices depositadas sobre el tubo son consecutivas a lo largo del mismo, están unidas en el centro del tubo, tienen la misma longitud y son del mismo paso y con sentidos de giro opuestos.

El tubo o cilindro de cobre sobre el que se han depositado las dos hélices, está colocado en el interior de una matriz de nylon (3), sobre la que se disponen: un arrollamiento de detección (4), y otro de compensación y medida (5).

En la figura 1 se observa también cómo se hace pasar la corriente alterna con una determinada frecuencia ω (6) a lo largo del substrato conductor, generándose un campo azimutal alrededor del cilindro o tubo, que imana cada una de las hélices del material magnético depositado en la dirección del paso de cada una de ellas debido a la anisotropía de forma que presenta cada una de las hélices. Como el sentido de giro de las hélices es opuesto, y la componente axial de la imanación que se genera es la misma en ambas hélices, el flujo magnético a través del arrollamiento de detección es nulo en ausencia de campo externo.

La electrónica mencionada anteriormente ha sido publicada en los "procceding" de la 1ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, realizada en Almería, España, en 1998, por algunos de los autores de esta patente y se esquematiza en las figuras 2, 3 y 4.

En las figuras 2 y 3 puede observarse un esquema del circuito electrónico de alimentación;

En la figura 4 se puede ver un esquema de la detección y medida.

REIVINDICACIONES

1. Sensor de campo magnético, **caracterizado** porque comprende un tubo o cilindro (1) de un material conductor de dimensiones milimétricas; dos hélices depositadas sobre dicho tubo por vía electrolítica (2) consecutivas a lo largo de dicho tubo o cilindro (1), de material magnético amorfo multicapa que tienen el mismo paso de hélice y sentidos de giro opuesto, con el eje de fácil imanación en la dirección tangente a dichas hélices, la misma longitud y una anchura al menos dos veces menor que dicha longitud; una matriz de material no conductor (3), en cuyo interior se aloja dicho cilindro (1); una fuente de alimentación alterna (6) que hace circular una corriente alterna excitadora por el tubo o cilindro (1); un arrollamiento de detección (4) dispuesto sobre la matriz no conductora (3) a la altura del punto de unión de ambas hélices; y un arrollamiento de compensación y medida (5) dispuesto sobre la matriz no conductora.

Figura 1

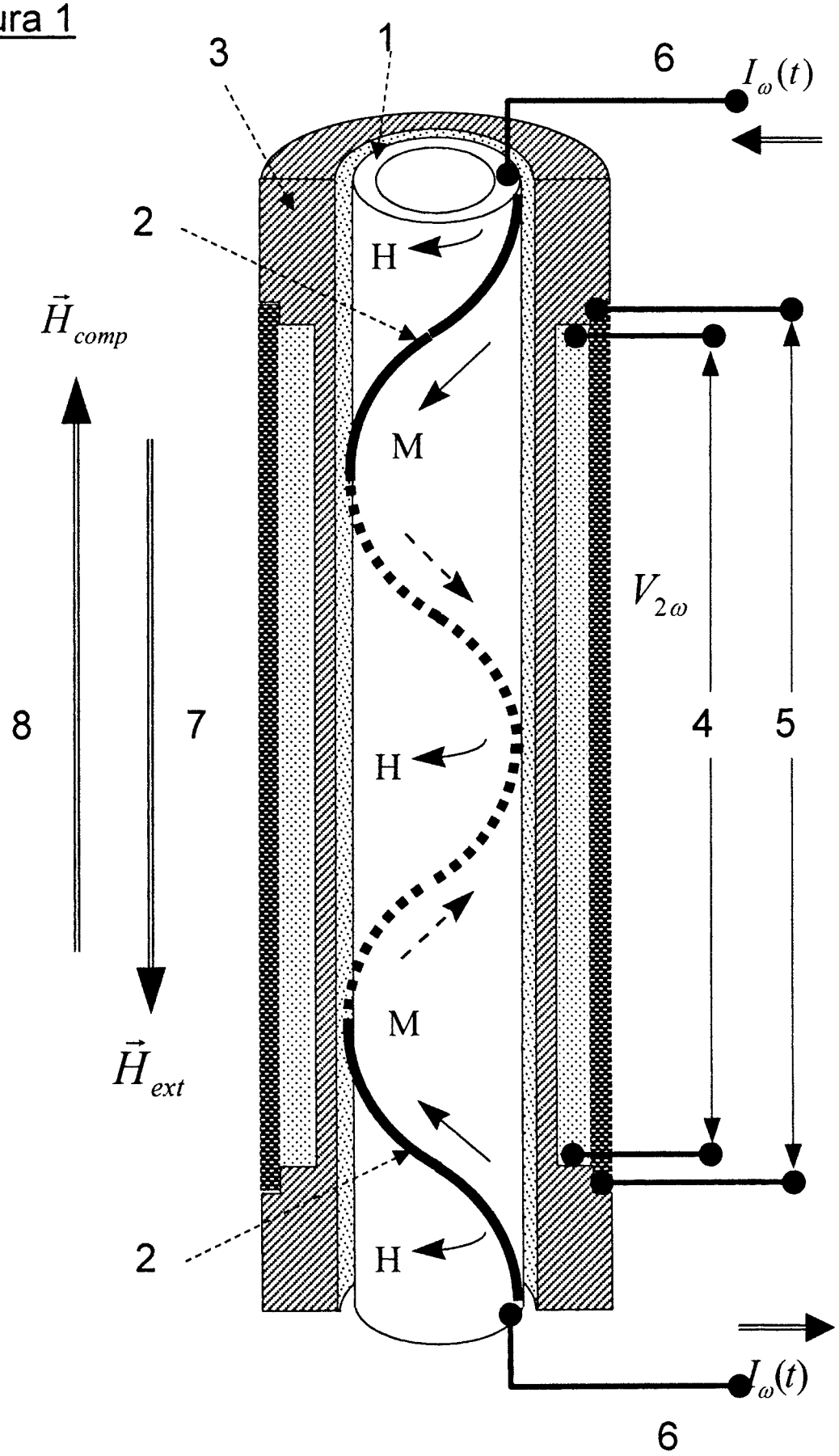

3
1
6
$I_\omega(t)$
2
H
$\vec{H}_{comp}$
M
$V_{2\omega}$
8
7
4
5
H
M
$\vec{H}_{ext}$
2
H
$I_\omega(t)$
6

Figura 2

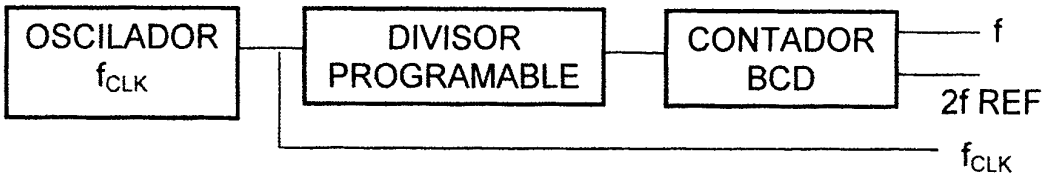


Figura 3

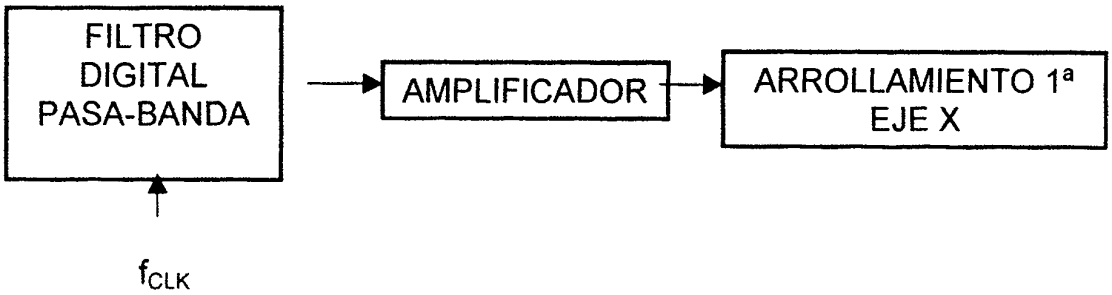
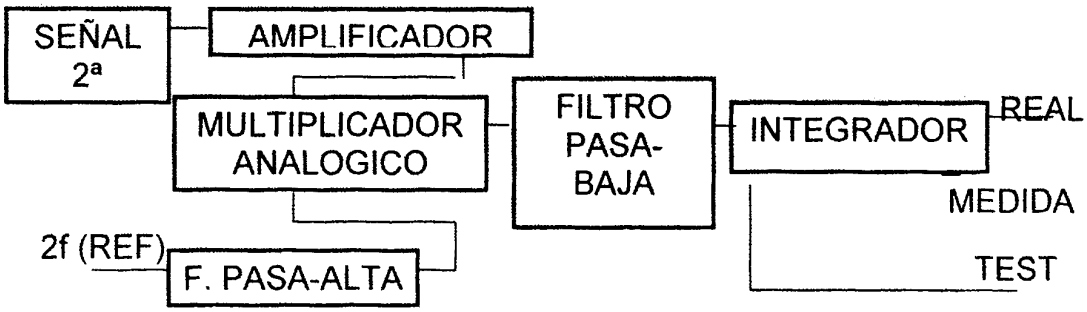


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 281 253

(21) Nº de solicitud: 200501860

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **28.07.2005**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** ***G01R 33/04*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ES 2021539 A6 (TECNOLOGIA E INVESTIGACION FER) 01.11.1991, todo el documento.	1
A	US 6771066 B2 (RIPPINGALE et al.) 03.08.2004, columna 2, línea 46 - columna 3, línea 6; figura 1.	1
A	P. RIPKA. "Advances in fluxgates sensors". Sensors and Actuators A 106 (2003) 8-14. Elsevier Science B.V., página 11, columna 2 - página 12, columna 3.	1
A	O.V. NIELSEN et al. "Miniaturisation of low-cost metallic glass flux-gate sensors". J. Magn. Mag. Mat. 83(1990) 405-406, Elsevier Science Publishers B.V., todo el documento.	1

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	Examinador	Página
06.08.2007	E. Pina Martínez	1/1