



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 333 575**

⑫ Número de solicitud: 200801962

⑬ Int. Cl.:

**G01R 33/02** (2006.01)

**H01B 1/02** (2006.01)

**H01F 1/153** (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **30.06.2008**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2010**

Fecha de la concesión: **16.11.2010**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **26.11.2010**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**26.11.2010**

⑲ Titular/es: **MICROMAG 2000, S.L.**  
**José Abascal, nº 53 - 3ª**  
**28003 Madrid, ES**

⑳ Inventor/es: **Multigner Domínguez, Marta;**  
**Rivero Rodríguez, Guillermo;**  
**Valdés Tamames, Javier;**  
**Marín Palacios, Pilar y**  
**Spottorno Giner, Jorge**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Sensor de campo magnético de bajo consumo.**

㉓ Resumen:

Sensor de campo magnético de bajo consumo.

Con un consumo inferior a 50 miliwatios y estando destinado a la medida de campos magnéticos en un rango de frecuencias de 0 a 5000 Hz, el dispositivo de la invención consiste en un microhilo (1) de material magnético amorfo con una longitud comprendida entre los 20 y los 30 milímetros y un diámetro comprendido entre las 20 y las 80 micras. Dicho microhilo tiene un dominio magnético en forma de huso, dirigido según su eje, cuyo ciclo de histéresis presenta un comportamiento biestable, microhilo (1) que se establece en el interior de una matriz de material no conductor, sobre la que se disponen un arrollamiento de detección (2) y otro de compensación y medida (5); con la particularidad de que dicho microhilo (1) está sujeto por sus extremos a un circuito dotado de una fuente de alimentación alterna que hace circular una corriente alterna excitadora de frecuencia  $f$  por el microhilo produciendo una variación del volumen del dominio magnético longitudinal de frecuencia  $2f$ . El microhilo podrá estar obtenido por enfriamiento ultrarrápido o por depósito electrolítico.

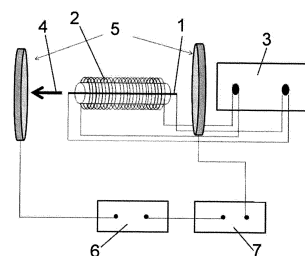


FIG. 5

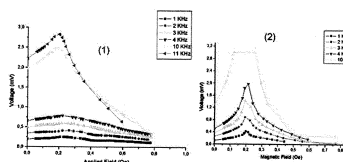


FIG. 6

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Sensor de campo magnético de bajo consumo.

5 **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, con un consumo inferior a 50 miliwatios, destinado a la medida de campos magnéticos en un rango de frecuencias de 0 a 5000 Hz y a su procedimiento de fabricación. El dispositivo es un sensor que se basa en la estructura de dominios magnéticos que presenta, debido a su geometría, un microhilo ferromagnético amorfo, que puede ser fabricado por enfriamiento ultrarrápido o por electrodeposición. El campo técnico de esta invención se enmarca en el área del Magnetismo.

**Antecedentes de la invención**

En la bibliografía científica se describe una amplia variedad de sensores magnéticos de diferentes tipos, utilizados para la medida de campos magnéticos continuos (DC) o alternos (AC): "fluxgates", magnetorresistivos, de efecto Hall, etc. 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. El principio de funcionamiento depende del tipo de sensor.

Los sensores tipo "fluxgate" más 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 nº 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 nº 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 nº 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 es su apreciable tamaño, del orden de varios centímetros, impuesto por la forma del núcleo ferromagnético y los bobinados, así como un peso y un consumo de potencia apreciables, que limitan su uso en determinadas aplicaciones.

Aparecen además, en la bibliografía, otros sensores micro "fluxgate" como el que se describe en la patente nº US2005024050, de dimensiones reducidas, pero realizados con técnicas de microfabricación mucho más sofisticadas, costosas y complejas.

El sensor objeto de esta memoria utiliza un único arrollamiento detector, tiene un tamaño de 30 milímetros de largo por 1 mm de diámetro, un peso inferior a 5 gramos y un consumo inferior a 50 miliwatios.

**Descripción de la invención**

El objeto de esta nueva invención es la disminución del tamaño, peso y consumo de los sensores actuales, consiguiendo un sensor mucho más ligero y reducido, con alta sensibilidad y muy bajo consumo energético, que lo hace apto para su aplicación en entornos restrictivos como la investigación espacial.

Como es sabido, en los materiales amorfos la anisotropía de forma, debida a la geometría, determina la estructura de dominios magnéticos y, por tanto, los procesos de imanación. En el caso de un microhilo dicha anisotropía da lugar a la aparición de un dominio con imanación longitudinal, en forma de huso, a lo largo del eje de revolución del hilo y el ciclo de histéresis de dicho hilo presenta un comportamiento biestable de la imanación de remanencia. Desde la remanencia a la saturación, el volumen de este dominio puede variar por la acción de un campo magnético o, en microhilos magnetoestrictivos, por la acción de una tensión mecánica.

El sensor que se presenta consiste en un microhilo de aleación amorfa, base Fe, que puede ser fabricado por enfriamiento ultrarrápido o por electrodeposición, por el que se hace circular una corriente alterna,  $I_t$ , de unos miliamperios de intensidad y de una frecuencia  $f$  de decenas de kilohercios, que genera un campo excitador azimutal  $H_\phi$  de la misma frecuencia que la corriente. En estas condiciones el volumen del dominio magnético longitudinal del hilo disminuye al aumentar la intensidad del campo azimutal, siendo mínimo cuando dicho campo es máximo, y máximo cuando dicho campo es nulo. Esto ocurre dos veces por período del campo. Una bobina detectora, coaxial con el microhilo, detecta el cambio de flujo magnético debido a la variación de volumen de dicho dominio longitudinal, induciéndose en ella una señal de tensión  $V_{2f}$  de doble frecuencia que la del campo excitador azimutal. La presencia de un campo magnético externo axial  $H_{ext}$  en la dirección del eje del hilo tiene, sobre el dominio de imanación longitudinal, el mismo efecto que una variación de la anisotropía longitudinal, dando lugar a una variación en la intensidad de la señal de doble frecuencia inducida en la bobina. Esta variación es detectada por el sistema electrónico.

Este dispositivo utiliza una electrónica descrita en un “*proceeding*” de la 1ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica, realizada en Almería, España, en 1998, que tiene autores comunes con la presentada aquí, por lo que no se describe su funcionamiento con detalle. Está constituida por una etapa de generación de señales, una etapa de excitación y una etapa de detección y medida.

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

### Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando 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:

La figura 1.- Muestra una representación esquemática de un sensor de campo magnético realizado de acuerdo con el objeto de la presente invención.

La figura 2.- Muestra un esquema del circuito electrónico en la etapa de alimentación: generación de señales.

La figura 3.- Muestra un esquema del circuito electrónico en la etapa de alimentación: excitación.

La figura 4.- Muestra un esquema del circuito electrónico en la etapa de salida: detección y medida.

La figura 5.- Muestra una representación similar a la de la figura 1, en la que junto al sensor aparecen representados los diferentes elementos adicionales que participan en la invención, tales como generador y receptor “lock-in”, tensión aplicada, bobinas Helmholtz, amperímetro y generador de corriente continua.

La figura 6.- Muestra, finalmente, las curvas obtenidas para la realización de la invención cuando se aplica una tensión de 6.87 MPa (1) y 13.75 MPa (2) respectivamente.

### Realización preferente de la invención

A la vista de las figuras reseñadas, y en especial de la figura 1, puede observarse como en el dispositivo de la invención participa un micro-hilo (1) sobre el que se arrolla un bobinado (2), microhilo (1) por el que se hace circular una corriente alterna  $I_f$ , generando un campo excitador azimutal  $\vec{H}_\phi$  de la misma frecuencia que la corriente.

Tal y como se ha comentado anteriormente la bobina (2) detecta el cambio de flujo magnético debido a la variación del volumen del dominio longitudinal (8) en forma de huso, induciéndose en ella una señal de tensión  $V_{2f}$  de doble frecuencia que la del campo excitador azimutal, variación que es detectada por el sistema electrónico mostrado en las figuras 2 a 4, sistema convencional, en el que en la etapa de alimentación y generación de señales participa un oscilador (9) asociado a un divisor programable (10) asociado a un contador BCB (11). Por su parte, y tal y como se puede observar en la figura 3, en la etapa de alimentación/excitación participa un filtro digital pasa-banda (12) a cuya salida se establece un amplificador y tras éste se conecta según el eje X el primer arrollamiento (14) de la bobina (2).

Finalmente, y tal y como se puede observar en la figura 4, en el circuito electrónico o etapa de salida de detección y medida, la señal (15) es enviada a un amplificador (16), asociado a un multiplicador analógico (17) asociado a un filtro de paso alto (18) y a un filtro de paso bajo (19), este último asociado igualmente a un integrador (20).

De acuerdo con la realización preferente de la invención, la mostrada en la figura 5, el microhilo (1) y el bobinado (2) están conectados a un generador y receptor “lock-in” (3), habiéndose representado la tensión aplicada con (4), estableciéndose una pareja de bobinas Helmholtz (5) enfrentadas a los extremos de dicho microhilo (1), conectadas a un amperímetro (6) y a un generador de corriente continua (7).

A partir de esta estructuración, la capacidad de detección del sensor basado en microhilo magnético ha sido confirmada utilizando un microhilo magnético amorfo de base hierro de 80  $\mu\text{m}$  de diámetro y longitud 4 cm. Dicho microhilo se encuentra en el interior de un cilindro hueco, sobre el que se ha dispuesto un arrollamiento de detección y otro de compensación y medida. El experimento se ha realizado haciendo pasar una corriente a través del microhilo. Dicha corriente, de frecuencias comprendidas entre 1 y 11 KHz, es generada por el “lock-in” (3). El voltaje utilizado es constante y de 500 mV. La corriente que circula por el microhilo varía según la frecuencia y está comprendida entre 9.94 mA y 7.29 mA. El voltaje generado en el arrollamiento de detección es detectado por el amplificador “lock-in” (3).

## ES 2 333 575 B1

El campo magnético a detectar se genera mediante los carretes Helmholtz (5) de constante 1 Oesterd/Amperio. La medida se realiza desde campo cero hasta 0.8 Oesteds realizándose incrementos, entre punto y punto, del orden de 0.005 Oe.

- 5 El experimento se realiza aplicado cierta tensión al hilo (1). En particular se han aplicado tensiones de 6.87 MPa y 13.75 MPa.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# REIVINDICACIONES

1. Sensor de campo magnético de bajo consumo, **caracterizado** porque está constituido por un microhilo (1) de material magnético amorfo con una longitud comprendida entre los 20 y los 30 milímetros y un diámetro comprendido entre las 20 y las 80 micras; habiéndose previsto que dicho microhilo tenga un dominio magnético en forma de huso, dirigido según su eje, cuyo ciclo de histéresis presenta un comportamiento biestable, microhilo (1) que se establece en el interior de una matriz de material no conductor, sobre la que se disponen un arrollamiento de detección (2) y otro de compensación y medida (5); con la particularidad de que dicho microhilo (1) está sujeto por sus extremos a un circuito dotado de una fuente de alimentación alterna que hace circular una corriente alterna excitadora de frecuencia  $f$  por el microhilo produciendo una variación del volumen del dominio magnético longitudinal de frecuencia  $2f$ .

2. Sensor de campo magnético de bajo consumo, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque el citado circuito se materializa en una placa de circuito impreso, en la que el microhilo (1), los arrollamiento de detección y compensación (2), la fuente de corriente alterna y el circuito electrónico de medida (6) quedan integrados.

3. Sensor de campo magnético de bajo consumo, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque el microhilo (1) está obtenido por enfriamiento ultrarrápido o por depósito electrolítico.

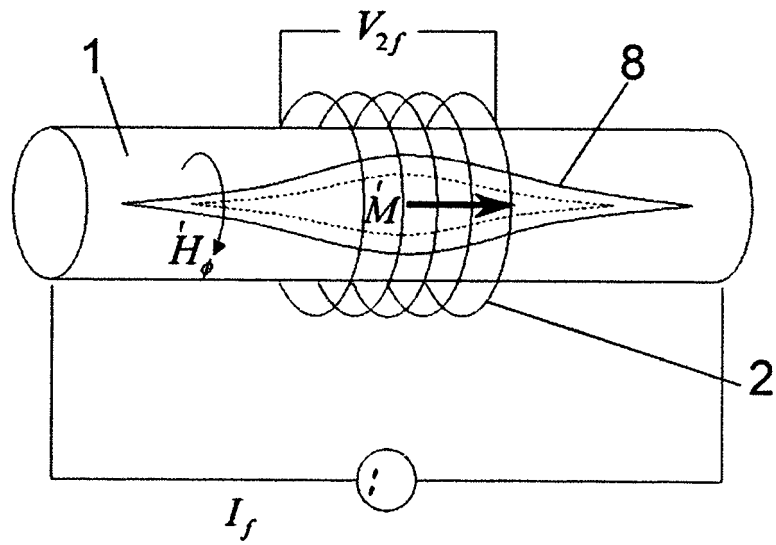


FIG. 1

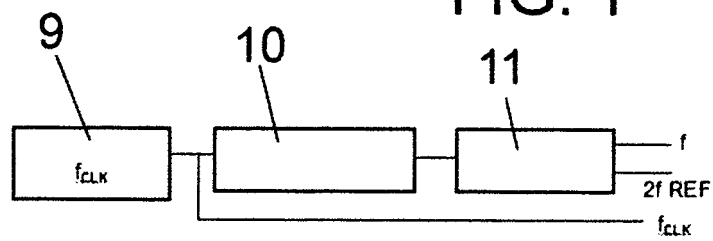


FIG. 2

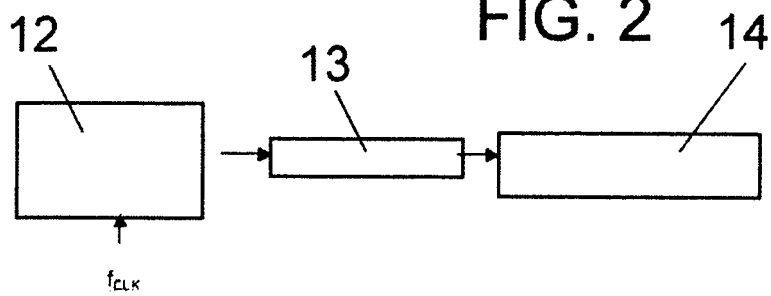


FIG. 3

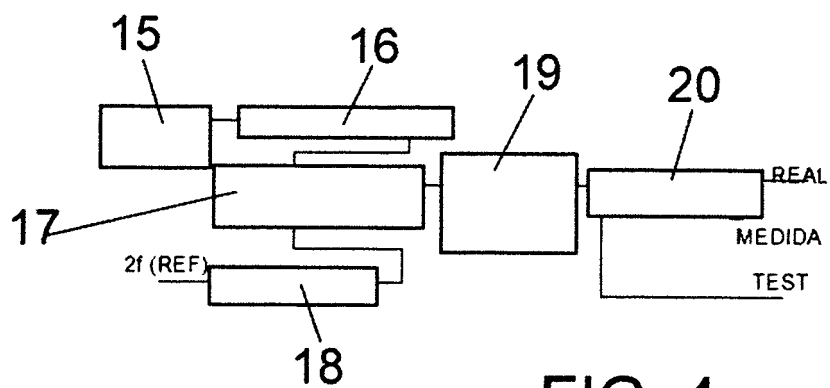


FIG. 4

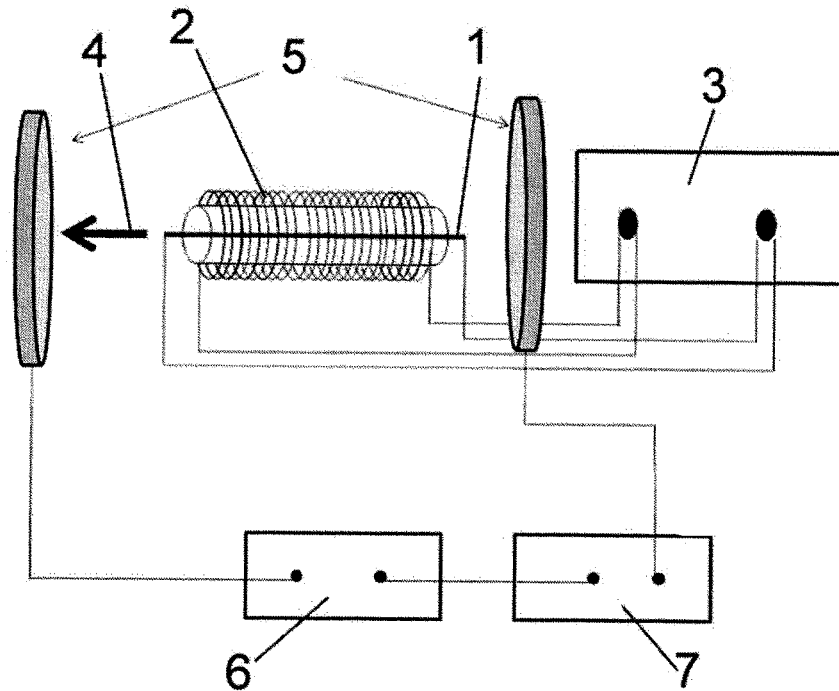


FIG. 5

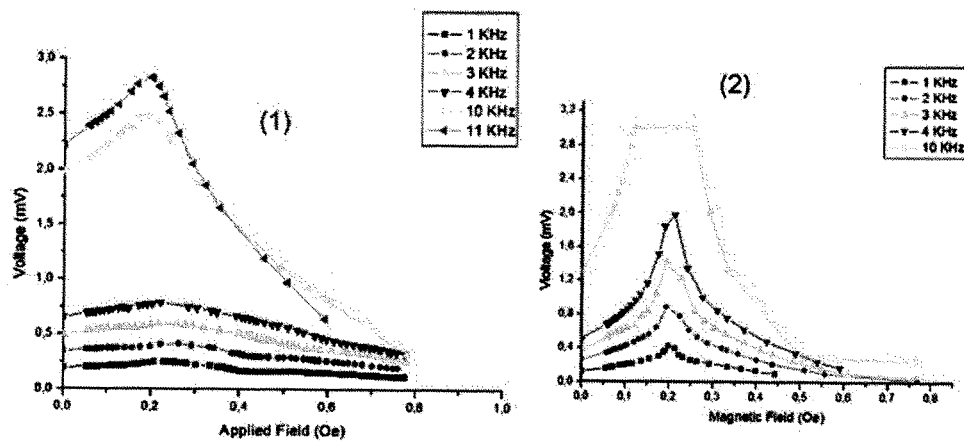


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 333 575

⑫ Nº de solicitud: 200801962

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 30.06.2008

⑭ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑯ Documentos citados                                                                                                                                                                                                                                           | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Y         | ES 2021539 A6 (TECNOLOGIA E INVESTIGACION FER) 01.11.1991, todo el documento.                                                                                                                                                                                  | 1-3                        |
| Y         | VAZQUEZ M, et al. Giant magnetoimpedance effect in soft magnetic wires for sensor applications; Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 59, Núm. 1-3, 1st European magnetic sensors and actuators conference, Abril 1997, Páginas 20-29, ISSN 0924-4247.       | 1-3                        |
| A         | ZHUKOVA V, et al. Domain wall propagation in Fe-rich microwires, Physica B: Condensed Matter, Vol. 403, Núm. 2-3, Proceedings of the Sixth International Symposium on Hysteresis Modeling and Micromagnetics, 1 Febrero 2008, Páginas 382-385, ISSN 0921-4526. | 1,3                        |
| A         | BARANOV, S.A. et al. Domain structure of Fe-based microwires, Physica B: Condensed Matter, Vol. 372, Núm. 1-2, Proceedings of the Fifth International Symposium on Hysteresis and Micromagnetic Modeling, 1 Febrero 2006, Páginas 324-327, ISSN 0921-4526.     | 1-3                        |
| A         | ES 2277770 A1 (CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION) 16.07.2007, descripción; figuras 1-4.                                                                                                                                                                           | 1-3                        |

#### 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

09.02.2010

Examinador

E. Pina Martínez

Página

1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**G01R 33/02** (2006.01)

*H01B 1/02* (2006.01)

*H01F 1/153* (2006.01)

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

G01R, H01B , H01F

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, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 09.02.2010

**Declaración**

|                                                      |                  |     |           |
|------------------------------------------------------|------------------|-----|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>                 | Reivindicaciones | 1-3 | <b>SÍ</b> |
|                                                      | Reivindicaciones |     | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva<br/>(Art. 8.1 LP 11/1986)</b> | Reivindicaciones |     | <b>SÍ</b> |
|                                                      | Reivindicaciones | 1-3 | <b>NO</b> |

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 ha sido publicada.

**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 2021539 A6                       | 01-11-1991        |
| D02       | VAZQUEZ M, ET AL                    | 01-04-1997        |
| D03       | ZHUKOVA V, ET AL                    | 01-02-2008        |
| D04       | BARANOV, S.A. ET AL                 | 01-02-2006        |

**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 más próximo al objeto reivindicado. Este documento en combinación con el documento D02, asimismo perteneciente al estado de la técnica anterior próximo al objeto de la solicitud, podría afectar a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

**Reivindicación 1**

El documento D01, citado en la solicitud como estado de la técnica anterior, describe lo siguiente (las referencias entre paréntesis se refieren a D01):

Sensor de campo magnético constituido por un núcleo (6) de material magnético amorfo que se establece en el interior de una matriz de material no conductor (1), sobre la que se disponen un arrollamiento de detección (4) y otro de compensación y medida (5); con la particularidad de que dicho núcleo (6) está sujeto por sus extremos a un circuito dotado de una fuente de alimentación alterna que hace circular una corriente alterna excitadora de frecuencia  $f$  por el núcleo.

La diferencia principal entre lo descrito en D01 y lo reivindicado en la solicitud reside en el tipo de núcleo utilizado, que en D01 se trata de un hilo ferromagnético amorfo con anisotropía helicoidal, mientras en la solicitud se refiere a un microhilo de material magnético amorfo con un dominio axial en forma de huso y comportamiento magnético biestable.

No obstante son conocidos en la literatura, particularmente en el documento D02, los microhilos magnéticos con comportamiento magnético biestable, y sus aplicaciones como sensores de campo magnético.

Se considera que un experto en la materia, utilizando el conocimiento divulgado en el documento D02, modificaría el sensor descrito en D01 sustituyendo el núcleo magnético por un microhilo magnético de comportamiento biestable, mediante una mera acción de selección de material, y sin el ejercicio de esfuerzo inventivo, para llegar a una solución equivalente a la definida en la reivindicación 1 de la solicitud.

En cuanto al dominio magnético en forma de huso, mencionado en la reivindicación 1, tal y como se explica en la descripción de la propia solicitud (pág. 3, lin. 9-15), se trataría de una consecuencia de la anisotropía derivada de la geometría de este tipo de materiales así como de su composición, es decir, se trata de una propiedad intrínseca de este tipo de materiales, comúnmente conocida en el sector de la técnica relacionado (ver por ejemplo, documentos D03 y D04)

Por todo lo anterior se concluye, que la combinación de los documentos D01 y D02 afectaría a la actividad inventiva de la reivindicación 1 (Art. 8.1 LP).

**Reivindicaciones dependientes**

Las reivindicaciones 2 y 3 no parecen presentar características adicionales o alternativas que les puedan conferir actividad inventiva frente al estado de la técnica anterior (Art. 8.1 LP). En particular, la integración de circuitos es una técnica común en el sector de la técnica relacionado con los sensores magnéticos, así como lo son las técnicas de obtención de microhilos mencionadas en la reivindicación 3.

En conclusión, a la vista del estado de la técnica anterior, la solicitud no parece satisfacer los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 LP.