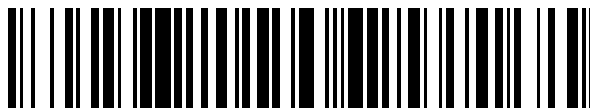


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 624**

21 Número de solicitud: 201431005

51 Int. Cl.:

G01R 33/00

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

04.07.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.02.2016

Fecha de la concesión:

07.11.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

15.11.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070476

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)**

C/ Serrano, 117

28006 Madrid (Madrid) ES

72 Inventor/es:

PÉREZ DEL REAL, Rafael;

VAZQUEZ VILLALABEITIA, Manuel;

PALMERO RODRÍGUEZ, Ester María;

ASENJO BARAHONA, Agustina y

BRAN, Cristina

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **SENSORES BASADOS EN PLACAS CON NANOHILOS MAGNÉTICOS**

57 Resumen:

Sensores basados en placas con nanohilos magnéticos.

Se da a conocer un sensor de variables físicas de un primer objeto (2), en particular, de velocidad rotacional y de posición de dicho primer objeto (2) mediante una combinación de placas (3) que comprenden nanohilos magnetizados y detectores de campo magnético (4) generado por dichos nanohilos magnetizados. En concreto, se dan a conocer dos realizaciones en las que, para la medición de la velocidad rotacional del primer objeto (2) se digitaliza la detección del campo magnético generado por los nanohilos y, para la medición de la posición, se utiliza la señal analógica de campo magnético detectado para calcular la distancia entre primer objeto (2) y el detector (4).

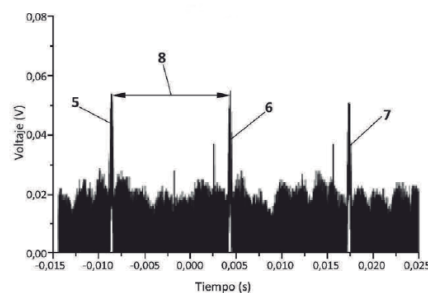


FIG. 2

ES 2 558 624 B1

DESCRIPCIÓN

Sensores basados en placas con nanohilos magnéticos.

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención da a conocer diversos tipos de sensores cuyo funcionamiento se basa en la utilización de placas o películas que disponen de nanohilos magnéticos. En particular, la presente invención da a conocer sensores de posición y de aceleración en base a la detección de campos magnéticos generados por nanohilos dispuestos en una placa o película.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Son conocidos diversos tipos de sensores para la medición de la posición y/o de la velocidad rotacional de un objeto. En particular, son conocidos los sensores que miden la velocidad y/o la distancia de un objeto de manera no-intrusiva mediante, por ejemplo, medios ópticos.

En particular, en cuanto a velocidad rotacional se refiere, son conocidos los sensores de velocidad rotacional que comprenden un emisor de luz, un receptor de luz y un codificador que gira junto con el objeto cuya velocidad se pretende medir, estando dicho objeto dispuesto, parcialmente, entre el emisor y el receptor de luz de manera tal que interrumpe el paso de luz con una determinada frecuencia y, en función de dicha frecuencia de interrupción de luz, se determina la velocidad rotacional del objeto.

25 Por otra parte, son conocidos sensores de posición mediante láser en los que se mide el tiempo que transcurre entre la emisión de un haz de luz y la recepción de dicho haz tras rebotar en un objeto. Disponiendo del tiempo que transcurre entre la emisión del haz y la recepción del haz rebotado así como de la velocidad de la luz, se calcula la distancia que ha recorrido dicho haz.

30 Dichas técnicas son ampliamente utilizadas pero tienen el problema de que se requiere la presencia de un emisor y un receptor activos (ambos energizados durante el proceso de sensado) y, además, en el caso del sensor de velocidad rotacional, se requiere realizar modificaciones a la estructura del objeto a fin de poder medir su velocidad.

Por otra parte, son conocidos en la técnica diversos métodos para la generación de campos magnéticos que puedan ser utilizados en el campo de los medidores de diversas variables físicas, por ejemplo, mediante el uso de nanohilos con partículas magnéticas. Algunas soluciones que apuntan a la utilización de nanohilos se plantean, por ejemplo, en el documento US2010/0132465 en el que se da a conocer un sensor de aceleración que incorpora un nanohilo con una nanopartícula magnética dispuesta en su parte superior. El funcionamiento del dispositivo que da a conocer dicho documento es tal que, al someter el nanohilo a una aceleración, por efecto de la inercia, el nanohilo se inclina y la nanopartícula se acerca a una placa en la que se detecta la intensidad de campo magnético de la nanopartícula. Cuanto más cercana esté la nanopartícula a la placa mayor será la aceleración a la que está sometida el nanohilo y, en consecuencia, mayor será la intensidad de campo magnético detectada.

45 El dispositivo dado a conocer en dicho documento presenta el problema de que la fabricación de dichos nanohilos con nanopartículas adheridas a su superficie superior requiere un proceso complejo y, además, la placa detectora requiere una sensibilidad apreciable para poder detectar campos magnéticos de baja intensidad. Por otra parte, este principio de funcionamiento es aplicable a sensores de aceleración pero es difícilmente aplicable, por ejemplo, a sensores de velocidad rotacional o posición.

Además, este tipo de sensores requiere la modificación del objeto del que se pretende medir la variable física e incorporar diversos dispositivos en el mismo tales como sensores, nanohilos,

fuentes de alimentación etc.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Por tanto, se hace necesario disponer de dispositivos de menor coste y que permitan realizar mediciones de diversas variables físicas y que no involucren modificaciones sustanciales en el objeto o los objetos sobre los cuales se realiza la medición. Además, conviene disponer de dispositivos que no requieran la incorporación de elementos sensibles tales como fuentes de alimentación, detectores de campo, etc. en el objeto o los objetos sobre los que se desea realizar el sensado.

En consecuencia, la presente invención da a conocer un sensor del tipo que comprende, al menos, una placa o película con nanohilos en el que dicha placa o película con nanohilos se dispone unida a uno o varios objetos de los que se pretende realizar una medición de una variable física, siendo dichos nanohilos magnéticos y comprendiendo dicho sensor un detector de campo magnético generado por dichos nanohilos estando dispuesto dicho detector de campo magnético separado de dicha placa o película y de dichos nanohilos.

En una realización preferente, los nanohilos son nanohilos metálicos magnetizados y, en particular, son nanohilos magnetizados ferromagnéticos y/o ferrimagnéticos y el material del que están fabricados dichos nanohilos puede comprender, por ejemplo, hierro, cobalto, níquel o una combinación entre ellos y, más preferentemente, su composición es $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{70}$.

En cuanto a la placa, en una realización preferente, comprende una membrana nanoporosa que puede tener diámetros de poro de aproximadamente 40 nm y un espacio entre poros de aproximadamente 105 nm. De manera especialmente preferente, la membrana es una membrana de óxido de aluminio anodizado (AAO) y dicha membrana puede ser, por ejemplo, del tipo obtenida mediante irradiación de matrices poliméricas o anodización catódica.

Particularmente, el sensor de la presente invención puede ser utilizado para medir, como variable física, la velocidad rotacional del objeto o los objetos.

En caso de que se desee medir la velocidad rotacional del objeto o los objetos, una realización preferente, sería que el detector de campo magnético disponga de un umbral de campo magnético definido por el usuario y, preferentemente, se disponga de un contador del número de veces que el campo magnético detectado por el detector de campo magnético excede el umbral de campo magnético definido por el usuario. De esta manera se realiza un conteo del número de campos magnéticos que se han detectado por el detector y este parámetro, junto con el tiempo ocurrido entre detecciones, permite calcular la velocidad rotacional del objeto o los objetos.

Este tipo de medición podría considerarse como una medición digital de la velocidad rotacional del objeto o los objetos.

Por otra parte, el sensor de la presente invención puede ser utilizado para medir, como variable física, la posición del objeto o los objetos. Esta medición sería una medición analógica del campo magnético detectado mediante el detector de campos magnéticos ya que la intensidad de campo magnético sería inversamente proporcional a la distancia entre el detector de campo magnético y el objeto o los objetos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de

realización práctica de la misma, 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 realización preferente de un sensor de velocidad rotacional según la presente invención.

La figura 2 muestra la respuesta en voltaje obtenida mediante el sensor de velocidad rotacional de la figura 1.

La figura 3 muestra una comparativa entre la respuesta del sensor de velocidad rotacional de la figura 1 y la velocidad real del motor.

La figura 4 muestra una gráfica de respuesta en voltaje obtenida mediante un sensor de posición según la presente invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La figura 1 muestra un ejemplo de realización de un sensor según la presente invención aplicado a medir, como variable física, la velocidad rotacional de un primer objeto (2). Para este ejemplo, se ha conectado dicho primer objeto (2) a un motor (1). Además, se ha unido a dicho primer objeto (2) una placa (3) y dicha placa (3) comprende una matriz porosa con nanohilos de $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{70}$ magnetizados.

La medición de velocidad rotacional de este ejemplo se realiza mediante la utilización del campo magnético producido por matrices de nanohilos magnéticos, ordenados o desordenados dispuestos en la placa (3). Las matrices nanoporosas se pueden fabricar por distintos métodos, tales como irradiación de matrices poliméricas o anodización catódica de aluminio, titanio, silicio u otros elementos o aleaciones. En los nanoporos de estas matrices se crecen nanohilos magnéticos por cualquier proceso físico o químico. En la actualidad el método más utilizado es el de electrodeposición aunque podrían usarse otros tales como deposición de capas atómicas (ALD), la reacción química de sales que contienen elementos magnéticos o la deposición química húmeda.

La longitud de estos hilos será siempre mayor que su diámetro. Debido a la anisotropía magnética de forma, que puede verse reforzada por anisotropías de otro origen tales como magnetocristalina o magnetoelástica, la imanación de estos nanohilos es paralela al eje de dichos nanohilos y por lo tanto producirá un campo magnético externo que es perpendicular al plano de la placa (3) que aloja a los nanohilos. Este campo magnético resultante es, sustancialmente, la suma vectorial del campo magnético generado por cada uno de los nanohilos magnéticos.

Otras posibles formas de producir campo magnético en películas delgadas de unas micras de espesor pueden ser la orientación de partículas de ferrita de bario o estroncio en un medio polimérico flexible o la producción de películas delgadas de materiales magnéticos con una alta anisotropía magnetocristalina perpendicular al plano de la película, que supera a la anisotropía magnética de forma.

En el primer caso el valor de la imanación de saturación de estas ferritas es muy bajo (alrededor de 300 emu/cm^3), lo que implica que el valor del campo magnético generado por estos materiales compuestos no es muy alto; además la alineación de las partículas nunca será tan perfecta como en el caso de las matrices nanoporosas, donde los nanohilos magnéticos son paralelos entre ellos y perpendiculares a la superficie de la matriz. En el segundo caso los materiales empleados en estas aleaciones, tales como Pt, encarecen enormemente el producto.

La utilización de este tipo de matrices con nanohilos magnéticos resuelve el problema de la utilización de películas delgadas magnéticas generadoras de campo magnético en determinados dispositivos donde el volumen de material magnético es vital en contraste con la utilización de imanes que, por cuyas dimensiones, no podrían utilizarse en ciertas aplicaciones.

En el caso de la presente realización, un pequeño trozo de placa (3) que dispone de una matriz con nanohilos genera un campo magnético que se mide mediante un detector de campo magnético (4). Además, se dispone un controlador en el que se define un umbral de campo magnético a partir del cual se considera que la detección representa un paso de la placa (3) por el detector de campo magnético (4) y así, digitalmente, se determina la cantidad de veces que ha pasado la placa (3) por el detector de campo magnético (4). Adicionalmente, en el controlador se dispone de un contador que determina la cantidad de veces por segundo que pasa la placa (3) por el detector de campo magnético (4) y, a partir de estos datos, se determina la frecuencia (o la velocidad rotacional) del primer objeto (2).

En la figura 2 se observa un gráfico de las mediciones obtenidas para una velocidad de motor (1) en una configuración según la figura 1.

En particular se observa que, en la medición, se obtiene un primer pico (5), un segundo pico (6) y un tercer pico (7) en los que el campo magnético es mayor respecto al resto de señales, en consecuencia, resulta evidente que estos picos (5, 6, 7) representan pasos de la placa (3) por el detector de campo magnético (4).

Para calcular la velocidad del primer objeto (2) se mide el intervalo (8) de tiempo transcurrido entre picos (5, 6, 7), en particular, el intervalo (8) transcurrido entre el primer pico (5) y el segundo pico (6). Para el ejemplo de la figura 2 se tiene dicho intervalo (8) es de 12,9 ms.

Dado que el primer objeto (2) dispone de una única placa (3) con nanohilos magnéticos, la frecuencia con la que gira dicho primer objeto (2) es de 77,52 Hz, lo que representa una velocidad rotacional de 4651,2 RPM. Dichos cálculos vienen dados por las siguientes ecuaciones:

$$f = \frac{1}{12,90 [ms]} = 77,52 [Hz]$$

$$V_{rot} = 77,52 [s^{-1}] * 60 [s] = 4651,2 [RPM]$$

La figura 3 muestra una gráfica en la que se demuestra la precisión del sensor de la presente invención. En particular, dicha gráfica muestra una señal de calibración (10) que, a efectos prácticos, se puede interpretar como la velocidad real del primer objeto (2) y la frecuencia (9) medida mediante el sensor de la presente invención. Como conclusión principal, se obtiene una precisión muy alta ya que dichas señales son muy semejantes durante todo el rango para el cual se ha realizado la evaluación.

La figura 4 muestra una segunda realización de un sensor según la presente invención en la que se utiliza la misma combinación de nanohilos magnéticos y detector de campo magnético (4) pero para evaluar la posición de un segundo objeto (no representado).

En concreto en el eje de las abscisas se dispone la distancia del segundo objeto respecto al detector de campo magnético medida en milímetros y en el eje de las ordenadas el voltaje de salida del sensor medido en milivoltios.

De esta realización se obtiene una señal de posición (11) que es inversamente proporcional a la distancia del segundo objeto, esto es, a mayor distancia entre el segundo objeto y el detector

de campo magnético (4), menor será el campo magnético detectado. En particular, se observa que se tiene una señal sustancialmente lineal para el rango de distancias de separación entre 0 y 1,5 mm.

- 5 En particular, el detector de campo magnético (4) utilizado en los experimentos de la presente invención es un sensor de efecto Hall analógico de estado sólido. Sin embargo, existen diversos tipos de detectores de campo magnético (4) tanto analógicos como digitales (por ejemplo mediante interruptores que se abren ante la presencia de un campo magnético) que podrían aplicarse a la presente invención sin alejarse del ámbito de protección de la misma que
- 10 quedará definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sensor para la medición de una variable física en un primer objeto (2), siendo dicho sensor del tipo que comprende, al menos, una placa (3) con nanohilos caracterizado por que dicha placa (3) con nanohilos se dispone unida al objeto (2), siendo dichos nanohilos magnéticos y por que dicho sensor comprende un detector del campo magnético (4) generado por dichos nanohilos estando dispuesto dicho detector de campo magnético (4) separado de dicha placa (3) y de dichos nanohilos.
2. Sensor, según la reivindicación 1, caracterizado por que los nanohilos son nanohilos metálicos magnetizados.
3. Sensor, según la reivindicación 2, caracterizado por que los nanohilos son nanohilos metálicos ferromagnéticos y/o ferrimagnéticos.
4. Sensor, según la reivindicación 3, caracterizado por que el material de los nanohilos comprende hierro, cobalto, níquel o una combinación entre ellos.
5. Sensor, según la reivindicación 1, caracterizado por que la placa (3) comprende una membrana nanoporosa.
6. Sensor, según la reivindicación 5, caracterizado por que la membrana nanoporosa es una membrana de óxido de aluminio anodizado (AAO).
7. Sensor, según una cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, caracterizado por que la membrana nanoporosa es del tipo obtenida mediante irradiación de matrices poliméricas o anodización catódica.
8. Sensor, según la reivindicación 1, caracterizado por que la variable física es la velocidad rotacional del primer objeto (2).
9. Sensor, según la reivindicación 8, caracterizado por que el detector de campo magnético (4) dispone de un controlador que define un umbral de campo magnético.
10. Sensor, según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende un contador del número de veces que el campo magnético detectado por el detector de campo magnético (4) excede el umbral de campo magnético definido por el usuario.
11. Sensor, según la reivindicación 1, caracterizado por que la variable física es la posición del primer objeto (2).

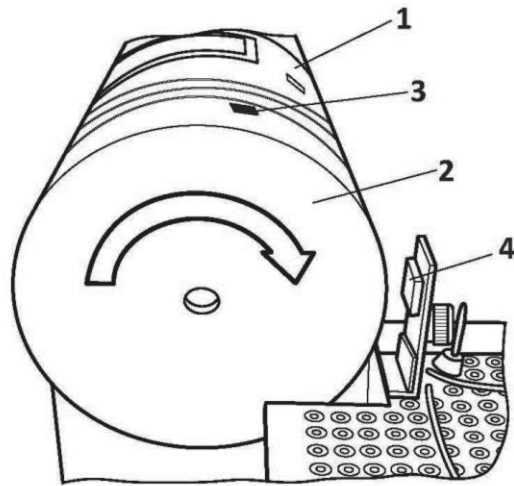


FIG. 1

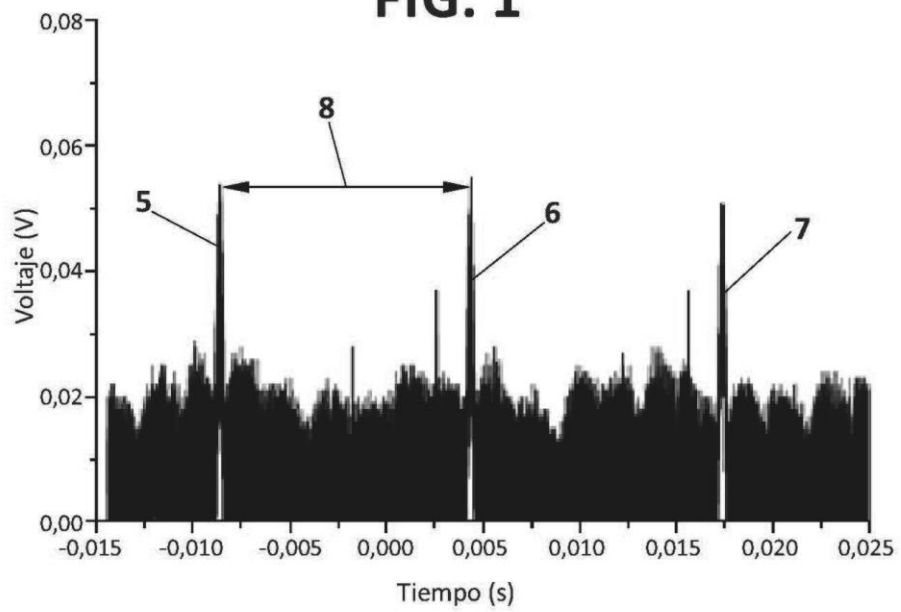


FIG. 2

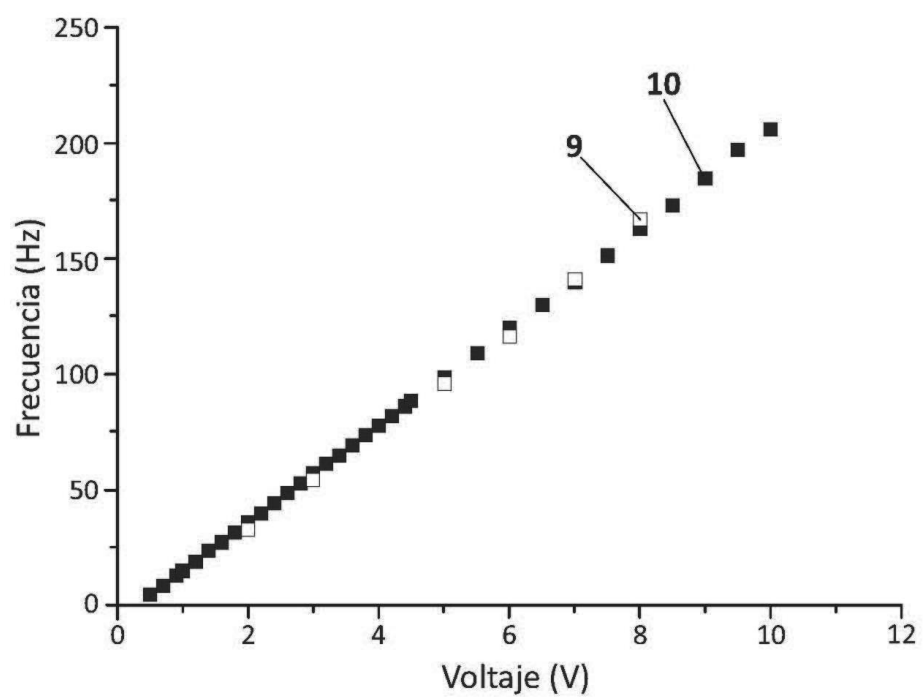


FIG. 3

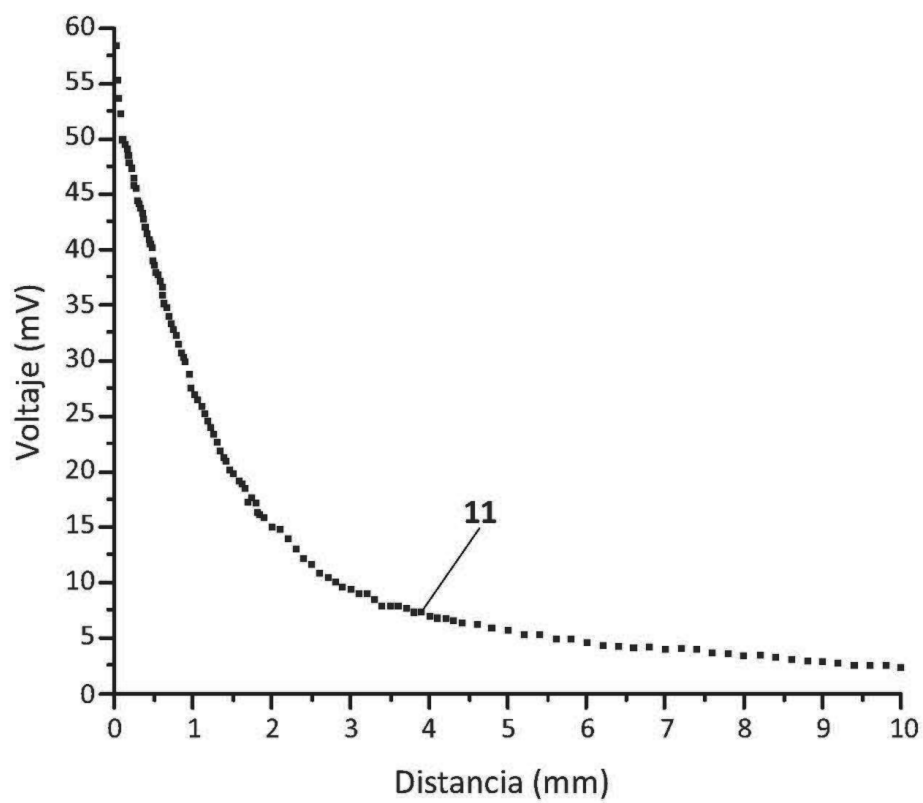


FIG. 4