



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 302 380**

51 Int. Cl.:
G01R 33/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99926653 .9**

86 Fecha de presentación : **22.06.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1095288**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2001**

54 Título: **Detector magnético integrado.**

30 Prioridad: **09.07.1998 GB 9814848**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.07.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.07.2008

73 Titular/es: **QinetiQ Limited**
85 Buckingham Gate
London, SW1 6TD, GB

72 Inventor/es: **Maylin, Mark Gregory;**
Gore, Jonathan Geoffrey;
Squire, Patrick T. y
Atkinson, Derek

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 302 380 T3

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

ES 2 302 380 T3

DESCRIPCIÓN

Detector magnético integrado.

5 Este invento se refiere a detectores, y en particular provee un detector magnético integrado para medir campos magnéticos en distancias apreciables.

10 Existen una serie de materiales y técnicas diferentes que se pueden usar para medir campos magnéticos. El factor común estriba en que los detectores son de la forma puntual, es decir, solamente pueden medir la intensidad del campo magnético externo en el campo en un punto del campo en el que estén situados. Los ejemplos típicos incluyen materiales magnetorresistentes, sondas de Hall y detectores de inducción magnética. Otro método para medir un campo magnético es usar una gran magnetoimpedancia. La gran magnetoimpedancia (en adelante GMI) es una propiedad conocida de ciertos materiales, y se caracteriza porque, cuando un detector está sometido a un campo magnético aplicado, se produce en él un cambio en su impedancia compleja.

15 Si se usan detectores magnéticos convencionales para medir un campo magnético sobre una zona extensa, actualmente hay dos opciones. O bien la totalidad de la zona a valorar tiene que cubrirse de detectores, o bien se requiere una pluralidad de detectores instalados a intervalos en las regiones a valorar acoplados con interpolación matemática. La primera de estas opciones permite medir con precisión todo el campo magnético, pero no resulta práctica, puesto que se necesitaría una gran cantidad de detectores. La segunda opción es la que usualmente se emplea. Sin embargo esta opción es propensa a errores, porque solamente se pueden medir con precisión las secciones discretas del campo cubierto por los detectores. La interpolación matemática se usa conjuntamente con los resultados de los detectores para obtener una medida de campo integrado. Los campos magnéticos fluctúan, por lo que la precisión de esta medida de campo integrado depende de dónde se hayan situado los detectores dentro del campo.

25 Los materiales dotados de una gran magnetoimpedancia (GMI) presentan una gran sensibilidad en impedancia a las variaciones en la intensidad de campo magnético cuando están sometidos a corrientes alternas de altas frecuencias. La relación entre la impedancia del material y un campo magnético externo es complicada. Existen dos secciones distintas a la respuesta de GMI: de intensidad de campo débil y de intensidad de campo fuerte.

30 Si un material que presenta GMI se produce como un elemento alargado amorfo, se puede aprovechar la relación entre su impedancia y un campo magnético externo aplicado. En adelante en la presente memoria un elemento alargado se describe como que significa un filamento, hilo u otro objeto en el que la dimensión del objeto es de una magnitud significativamente mayor que las otras dos que son sustancialmente similares. El campo magnético resultante dentro del material alargado se caracteriza porque existen dos direcciones de magnetización competitivas dentro del elemento alargado. La estructura magnética de dicho elemento alargado amorfo se caracteriza porque, si se toma un corte transversal a través del elemento alargado, la parte exterior está alineada circunferencialmente y la parte central del elemento alargado está alineada a lo largo de la longitud del elemento alargado. La proporción de área de sección transversal alineada en cada dirección depende de la intensidad del campo magnético en el que está inmerso el elemento alargado. A medida que aumenta el campo magnético aplicado, el dominio axial crece, y esta característica da lugar a un cambio en la inductancia del material. La inductancia del material está relacionada con la magnitud de su impedancia por la siguiente expresión:

$$45 \quad Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

50 donde Z es la impedancia del elemento alargado, R la resistencia del elemento alargado, ω la frecuencia angular de la corriente alterna aplicada y L la inductancia del elemento alargado. Cuando estos materiales se someten a una alimentación de energía eléctrica con corriente alterna, se produce una diferencia de fase entre la tensión y la intensidad de corriente medidas. La impedancia compleja de un material es la relación compleja entre la tensión sinusoidal y la intensidad, que se muestra en la expresión siguiente:

$$55 \quad Z = \frac{V}{I} + jX$$

60 donde Z es la impedancia del elemento alargado, V la tensión en bornes del elemento alargado, I la intensidad de la corriente en el circuito que contiene el elemento alargado, X la reactancia del elemento alargado, y $j = \sqrt{-1}$.

65 Así, una variación en el valor medio de un campo magnético externo aplicado dará lugar a una variación en la resistencia y reactancia del material, lo que por consiguiente afecta a la impedancia. Mediante la medida de la tensión y la intensidad de la corriente que circula por un circuito que contiene un material que presenta GMI, se puede calcular la impedancia y relacionarse ésta con el valor medio del campo magnético externo

La impedancia de un material que presenta GMI tiene una forma característica ilustrada en la figura 1. Cuando se aumenta desde el valor cero la intensidad del campo magnético aplicado, la impedancia del detector aumenta rápidamente hasta un valor máximo S y, a medida que aumenta la intensidad de campo, disminuye monótonicamente la impedancia del detector. La respuesta de GMI se puede medir en una cualquiera de estas dos secciones, y la sección

ES 2 302 380 T3

elegida dependerá de la aplicación para la que e vaya a usar el detector. En la sección A de la figura 1, donde la impedancia del material aumenta cuando lo hace la intensidad del campo magnético externo, el material es sensible a las variaciones de la intensidad del campo magnético externo. La permeabilidad magnética del material varía cuando aumenta la intensidad de campo hasta el punto de saturación (S). Ésta es la sección de intensidad de campo débil de la respuesta de GMI. Los detectores que utilizan esta sección funcionan comúnmente en un modo de bucle cerrado mediante el que se genera un campo magnético para compensar al campo magnético ambiental. En la sección B, donde la impedancia disminuye desde el punto de saturación (S) cuando aumenta la intensidad del campo magnético externo, el hilo se satura magnéticamente. La permeabilidad magnética del material no es sensible a las variaciones en intensidad de campo en esta sección (B). Esta es la sección de intensidad de campo fuerte de la GMI El detector descrito en la presente memoria utiliza esta sección y funciona en el modo de bucle abierto mediante el cual la intensidad de campo magnético de polarización es de un valor fijo.

Cuando un detector está sometido a campos magnéticos externos por debajo de su punto de saturación magnética (S), el material no se satura magnéticamente, y por tanto la permeabilidad magnética del material varía cuando lo hace la intensidad del campo magnético externo. El resultado es que los detectores que trabajan en la sección A pueden llegar a resultados distorsionados. La razón se explica a continuación. Si se considera un detector como si fuese una línea de secciones pequeñas discretas cada una de las cuales mida una parte local del campo magnético externo, algunas de estas secciones discretas registrará una intensidad de campo magnético diferente que la intensidad del campo magnético externo. Como el detector no está saturado magnéticamente, la magnetización de las secciones discretas del elemento alargado resultará afectada por las secciones adyacentes del elemento alargado. Esto da lugar a una distorsión en la intensidad medida del campo magnético externo. Las imprecisiones en la intensidad medida del campo magnético externo que resultan de la variación en magnetización del detector a lo largo de su longitud dependen del campo magnético que está midiendo el detector. Si un detector de GMI trabaja en una sección de débil intensidad de campo (sección A), no se puede conseguir una medida precisa de un campo magnético si el detector es más largo que una longitud determinada, viniendo determinada la máxima longitud a partir de la sensibilidad de la permeabilidad magnética del material que se use. Se han producido detectores puntuales fabricados a partir de materiales que presentan una GMI en configuración de bucle cerrado, que trabajan en la sección A, es decir, por debajo del punto de saturación del material, usando hilos amorfos de 1 mm de longitud y 50 μm de diámetro. El documento GB -A- 2 313 918 describe este tipo de detector. El documento EP-A-0 798 751 describe un detector magnético que comprende un hilo amorfo de una longitud total de 6 mm y recubierto en sus extremos opuestos con un material no magnético y eléctricamente conductor como electrodos. Como medios de polarización, se enrolla alrededor del hilo una bobina de 200 espiras.

Si un detector de GMI se hace funcionar en la sección de alta intensidad de campo (sección B), el material está magnéticamente saturado, por lo que la permeabilidad del material no resulta afectada por las variaciones en la intensidad del campo magnético externo. Esto significa que no son aplicables las limitaciones sobre la longitud del detector que se pueden usar en la sección de baja intensidad de campo con configuración de bucle cerrado. Las secciones discretas del detector no causan distorsiones locales en el campo magnético del detector, puesto que la permeabilidad magnética del detector no resulta afectada por la magnitud del campo magnético externo. Por tanto, se pueden determinar lecturas precisas para la intensidad del campo magnético externo.

Un aspecto importante de los detectores magnéticos de elementos alargados de GMI que trabajan en la sección de alta intensidad de campo de la sección de respuesta de GMI es que integran la respuesta del campo magnético. Si se considera el detector como una línea de pequeñas secciones discretas cada una de las cuales mide el campo magnético local en el que está inmersa, la respuesta de impedancia de la totalidad del detector es la suma de todas las impedancias de sección discreta. Esto da lugar como resultado una intensidad media de campo magnético para el campo magnético aplicado externamente. Como los detectores discretos funcionan en la sección de alta intensidad, no experimentan una variación en permeabilidad magnética cuando varía la intensidad del campo magnético externo aplicado, cada valor máximo y valor mínimo en la intensidad del campo magnético aplicado se mide a lo largo de la longitud del elemento alargado. La respuesta de impedancia total es la suma de estas impedancias elementales, que da un valor medio representativo del campo magnético aplicado.

Con el fin de obtener un detector de GMI en una configuración de bucle abierto, se produce un campo de polarización fijo alrededor del elemento alargado. La magnitud del campo de polarización requerido se determina a partir de las características de impedancia del elemento alargado cuando se refiera a un campo magnético externo (Figura 1). La intensidad del campo de polarización se elige como un valor por encima del punto de saturación magnética (S). Para asegurar que el detector puede funcionar en campos magnéticos externos negativos así como en campos magnéticos externos positivos, el campo de polarización se elige convenientemente como un valor cerca del punto medio de la sección de alta intensidad de campo de la sección de respuesta (B) de GMI, porque, como saben los expertos en la técnica, ello reducirá la probabilidad de que el material sensible a GMI experimente una inversión en su respuesta de GMI y por tanto funcione en la sección de baja intensidad de campo de la respuesta de GMI.

Existen una serie de formas para producir este campo de polarización. Se podría usar un arrollamiento de solenoide colocado alrededor del elemento alargado, pero puede resultar afectado el rendimiento del detector. Si se usa un solenoide activado por una fuente de alimentación de energía eléctrica, el ruido de la fuente de alimentación puede afectar a los resultados obtenidos. Si el solenoide se activa mediante una fuente de alimentación de energía eléctrica de batería, se puede producir una deriva de la lectura cuando la energía de la batería tenga un valor bajo.

ES 2 302 380 T3

Una solución más eficaz es incorporar una vaina magnética permanente alrededor del elemento alargado. Esta operación puede hacerse mediante la incorporación de un material magnético adecuado en una vaina de polímero y recubriendo el elemento alargado amorfo con dicha vaina. La cantidad de material magnético requerido depende de la intensidad del campo polarización deseado. Uno de tales materiales es $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, aunque para los expertos en la técnica resultarán obvios otros ejemplos.

El presente invento se dirige hacia la provisión de un elemento detector magnético caracterizado porque el detector es un elemento alargado, funciona bajo un campo de polarización y utiliza la sección de alta intensidad de campo de la respuesta de GMI, eliminando así la necesidad de emplear una multitud de detectores elementales y la necesidad de una interpolación matemática de un campo magnético externo entre detectores que puede introducir errores en los resultados obtenidos.

Este invento reside en un detector magnético para detectar un campo magnético que comprende un elemento de detector alargado constituido por un componente hecho de un material amorfo que presenta una gran magnetoimpedancia y unos medios de polarización para aplicar un campo de polarización a dicho componente, caracterizado porque dichos medios de polarización están destinados a aplicar un campo de polarización de una intensidad tal que dicho componente funcione en la sección de alta intensidad de campo de la respuesta de GMI, mediante lo cual detecte dicho campo magnético integrado a lo largo de la longitud del componente.

El invento se basa también en un método de medir un campo magnético que comprende exponer a dicho campo un elemento detector alargado que comprende un componente hecho de un material amorfo que presenta gran magnetoimpedancia, aplicar un campo de polarización a dicho componente, aplicar una frecuencia de tensión de excitación a dicho elemento detector y medir la impedancia del mismo; caracterizado porque la intensidad de dicho campo de polarización es tal que dicho componente funcione en la sección de alta intensidad de campo de la respuesta de GMI, mediante lo cual se mide dicho campo magnético integrado a lo largo de la longitud de dicho componente.

Se puede producir un campo de polarización de muchas maneras. Un método preferible es instalar un bobinado de solenoide alrededor del material magnético alargado. Un método más preferido es incorporar una vaina magnética permanente alrededor del material magnético alargado

El material usado para el detector es preferiblemente una aleación capaz de conformarse en un elemento alargado mediante un proceso adecuado, por ejemplo hilatura por fusión.

El material utilizado para el detector es preferiblemente una aleación con una respuesta sensible de magnetoimpedancia sobre el intervalo requerido para la aplicación particular. Son ejemplos de materiales adecuados para uso en un detector magnético alargado $\text{Co}_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, y $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$. Una pequeña adición de hierro a la aleación reduce la magnetostricción del material por lo que, tras la aplicación de una fuerza magnetizante, la respuesta de GMI del material es menos susceptible a la deformación elástica. Una aleación particularmente preferida tiene la composición $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, y esta composición se puede producir como un elemento alargado, y presenta una gran magnetoimpedancia por lo que es muy sensible a las variaciones en la intensidad del campo magnético.

Se puede producir un detector magnético más eficaz mediante el acondicionamiento post-producción tal como el recocido. Esto mejora las propiedades metalúrgicas de dicho elemento alargado mediante la eliminación de los esfuerzos residuales en el elemento alargado y la alineación de los dominios magnéticos en la dirección deseada, comunicando de ese modo una magnetización mayor en esa dirección y consiguiendo por tanto un detector más sensible.

Se puede monitorizar la impedancia del elemento alargado mediante el uso de un circuito puente, en el que los componentes resistivo e inductivo estén equilibrados. La salida real e imaginaria del circuito puente se puede medir mediante un amplificador síncrono. Se puede realizar una medida más precisa de la impedancia del elemento alargado combinando los componentes real (o en fase) e imaginario (o en cuadratura) de la salida del puente que perfecciona la estabilidad y linealidad de la respuesta del detector en función del campo magnético aplicado. Por ello, en una realización adicional del invento se usa un circuito puente con el elemento alargado. Se puede producir un detector más preciso si se combinan los componentes real e imaginario de dicho circuito puente.

El invento es particularmente aplicable para medir campos magnéticos con precisión. Así, una realización particular del invento comprende un detector que incorpora el elemento alargado descrito anteriormente en la presente memoria. El invento se podría usar en equipos magnéticos para levantamiento topográfico, equipos de control de firma magnética, equipos geomagnéticos de medida, control de seguridad para etiquetas como los utilizados para ropas en el comercio y el vallado de perímetros.

Se pueden usar una pluralidad de detectores para producir un detector no integrante. Si se incorporan conjuntamente los elementos alargados de longitudes diferentes que responden al invento y se comparan los campos medidos, entonces se puede llevar a cabo la investigación de la variación en la intensidad del campo magnético sobre la zona de una forma diferente. Se producirá una serie de valores medios de intensidades de campo magnético externo cada uno de los cuales cubra las partes del campo analizadas por los diferentes elementos alargados. Estos valores medios de intensidades de campos magnéticos se pueden comparar para obtener un resultado no integrado. Por tanto, en lugar de un valor medio de intensidad de campo magnético sobre la totalidad de la zona investigada, se pueden obtener

ES 2 302 380 T3

una serie de valores absolutos para la intensidad del campo magnético. Las posiciones de estos valores absolutos en relación con los detectores se pueden determinar y volverse a referir a la zona investigada.

5 A continuación se describen, sólo a título de ejemplo, una serie de realizaciones del invento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una representación gráfica de la impedancia en función de la intensidad de campo magnético para un material que presenta una respuesta de GMI.

10 La Figura 2 muestra un esquema de la configuración de detector de GMI.

La Figura 3 es una ilustración de un circuito puente adecuado para equilibrar la resistencia y la reactancia del detector de elemento alargado.

15 La Figura 4 ilustra el efecto de diferentes frecuencias de tensión sobre la respuesta de GMI de un elemento alargado amorfo.

La Figura 5 ilustra el efecto del recocido sobre la respuesta de GMI de un elemento alargado amorfo.

20 Las Figuras 6a y 6b ilustran los perfiles de campos de polarización de dos ejemplos de medios de polarización para uso en el invento.

La Figura 1 muestra la relación entre la impedancia de un elemento alargado y la intensidad de un campo magnético externo aplicado. La respuesta de GMI varía cuando se alcanza el punto de saturación técnica (S). Cuando la intensidad de campo aumenta más allá de este punto de saturación, se produce una inversión en la característica de GMI. En los campos magnéticos aplicados externos por debajo del punto de saturación técnica (S), la impedancia del material aumenta cuando lo hace la intensidad del campo magnético externo (A). Cuando la intensidad del campo magnético aplicado externamente aumenta por encima del punto de saturación técnica (S), la impedancia del material disminuye cuando aumenta la intensidad del campo magnético externo. Por tanto, la respuesta de GMI se mide preferiblemente en cualquiera de las dos intensidades de campo magnético externo por debajo o por encima del punto de saturación técnica. La sección A, la sección de baja intensidad de campo, es más adecuada para una operación en la que se encuentren intervalos pequeños de intensidad de campo magnético y se requiera una gran sensibilidad. Mientras que la sección B, la sección de alta intensidad de campo, es más adecuada para una operación en la que se necesite medir mayores intervalos de intensidad de campo magnético con menos sensibilidad.

35 La Figura 2 muestra un esquema de la configuración del detector de GMI. Un material alargado de detección (1) está envuelto en una bobina o vaina (2) que produce un campo de polarización alrededor del elemento alargado.

La Figura 3 presenta un ejemplo de circuito puente adecuado, en donde la resistencia (R) y la reactancia (X) del detector (1) se equilibran mediante R_1 y L_1 . La resistencia y reactancia del elemento alargado se miden antes de configurar el circuito puente para dar valores de R_1 y L_1 . Las resistencias R_2 y R_3 , que comprenden los otros dos brazos del circuito puente, tiene igual valor. R_5 es la resistencia fuente del generador de función. Para los fines de este estudio, a R_2 y R_3 se les dieron valores iguales a la suma de R y R_5 .

45 Ejemplo 1

Se usó una longitud de 20 cm de elemento alargado amorfo ($(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$). Se determinó la respuesta de GMI del elemento alargado en varias frecuencias de tensión de excitación para averiguar la frecuencia en la que se producía una máxima sensibilidad de impedancia. Los resultados se presentan en la Figura 4. La Figura muestra el efecto de 4 frecuencias de tensión diferentes sobre la impedancia del elemento alargado. La tensión se mantuvo en 0,4 V para todas las frecuencias. En bajas frecuencias de tensión (100 KHz y menores) la respuesta de GMI es baja y la sensibilidad de impedancia a la intensidad de campo magnético es también baja. En frecuencias de tensión de 1 MHz, la sensibilidad de impedancia del elemento alargado a la intensidad de campo magnético está en un valor máximo. En frecuencias de tensión superiores a 1 MHz, la sensibilidad de la impedancia del elemento alargado comienza a disminuir y hay más ruido en la curva. Este ruido hace que sea más difícil caracterizar la relación entre impedancia e intensidad de campo magnético. Se averiguó que una frecuencia de excitación de tensión de 1 MHz era un valor óptimo. Hay poco ruido en la curva, y la variación en impedancia cuando varía la intensidad del campo magnético externo está en un valor máximo.

60 Ejemplo 2

Se investigó el efecto de recocer el elemento alargado amorfo. La Figura 5 presenta el efecto del recocido sobre $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$. El gráfico muestra el efecto del recocido desde el no recocido (el estado como revenido) hasta 60 minutos a 472°C, sobre la respuesta de impedancia a intensidades de campos magnéticos externos. Mediante el recocido del material alargado, la curva de impedancia - intensidad de campo magnético se alteró a una respuesta más uniforme y por tanto más fácilmente caracterizada. El recocido puede mejorar la sensibilidad de la respuesta del material alargado a la intensidad del campo magnético externo.

ES 2 302 380 T3

Ejemplo 3

Con el fin de producir un campo de polarización a lo largo de la longitud del elemento alargado, se construyó un solenoide que abarcaba el elemento alargado amorfo. El solenoide se hizo significativamente más largo que el elemento alargado, de tal manera que se obtuvo un campo de polarización constante a lo largo del elemento alargado.

Se obtuvieron unos medios alternativos de producir un campo de polarización mediante la incorporación de una fracción del 20% de un material magnético - $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ - en un material de polímero, que subsiguientemente se conformó en el interior de una vaina para abarcar el elemento alargado amorfo. La Figura 6a muestra la variación calculada en la intensidad del campo de polarización a lo largo de la longitud del material del elemento alargado cuando está recubierto por la vaina magnética. A lo largo de la parte central del elemento alargado (0,05 - 0,15 sobre el eje x del gráfico), se ha generado un campo de polarización uniforme. En los extremos del elemento alargado, el campo de polarización no es uniforme. Para superar esta carencia de uniformidad del campo de polarización, se puede modificar la fracción de llenado del material magnético en la vaina de polímero. La Figura 6b presenta un perfil más uniforme de campo de polarización, obtenido mediante la reducción de la fracción de material magnético permanente en los extremos de la vaina de polímero.

Ejemplo 5

Mediante la incorporación de las características explicadas en los ejemplos 1, 2 y 3, es decir, una frecuencia de tensión de 1 MHz, recocer el elemento alargado y producir un campo de polarización uniforme, en un elemento alargado amorfo de $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, se construyó un detector magnético de 20 cm de longitud con una sensibilidad de 10-20 nT con un intervalo de medida de intensidad de campo de $\pm 500 \mu\text{T}$.

ES 2 302 380 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un detector magnético para detectar un campo magnético que comprende un elemento de detector alargado constituido por un componente fabricado de un material amorfo que presenta gran magnetoimpedancia (en adelante GMI) y unos medios de polarización para aplicar un campo de polarización de una intensidad tal que dicho componente funcione en la sección de alta intensidad de campo de la respuesta de GMI, mediante lo cual detecta dicho campo magnético integrado a lo largo de la longitud del componente.
- 10 2. Un detector magnético de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos medios de polarización comprenden un bobinado de solenoide.
3. Un detector magnético de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos medios de polarización comprenden un material magnético permanente.
- 15 4. Un detector magnético de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material amorfo es una aleación que comprende cobalto, silicio o boro.
- 20 5. Un detector magnético de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el material amorfo incluye también uno o más de los elementos hierro, cromo y molibdeno.
6. Un detector magnético de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el elemento amorfo tiene la composición $(\text{Co}_{0,94}\text{Fe}_{0,06})_{72,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$.
- 25 7. Un detector magnético de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento de detector se ha recocido.
8. Un detector magnético de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye un circuito puente para medir la impedancia del elemento de detector.
- 30 9. Un detector magnético de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los componentes en fase y en cuadratura de la salida del circuito puente se combinan para mejorar la estabilidad y la linealidad de la respuesta del detector.
- 35 10. Un método de medir un campo magnético que comprende exponer a dicho campo un elemento de detector alargado que comprende un componente fabricado de un material amorfo que presenta gran magnetoimpedancia (en adelante GMI), aplicar un campo de polarización a dicho componente, aplicar frecuencia de tensión de excitación a dicho elemento de detector y medir la impedancia del mismo; **caracterizado** porque la intensidad de dicho campo de polarización es tal que dicho componente funciona en la sección de alta intensidad de campo de la respuesta de GMI, mediante el cual se mide dicho campo magnético integrado a lo largo de la longitud del componente.
- 40 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 10 que usa un detector de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9.
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

Fig. 1.

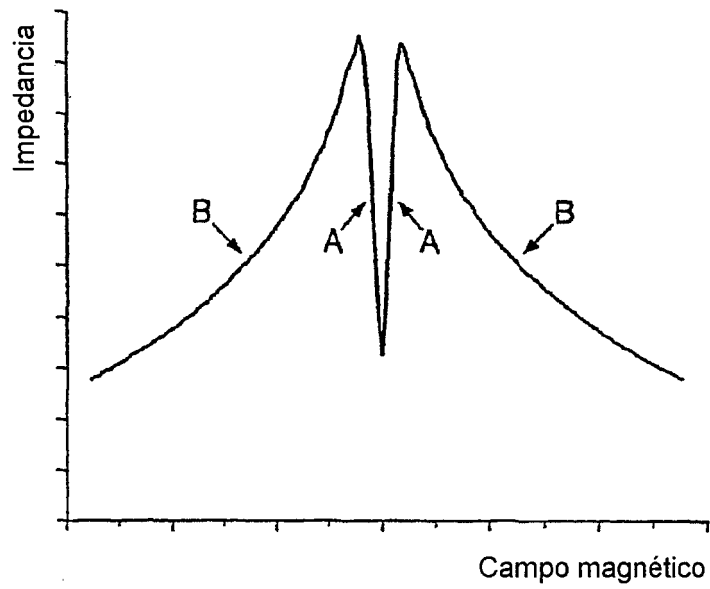


Fig.2.

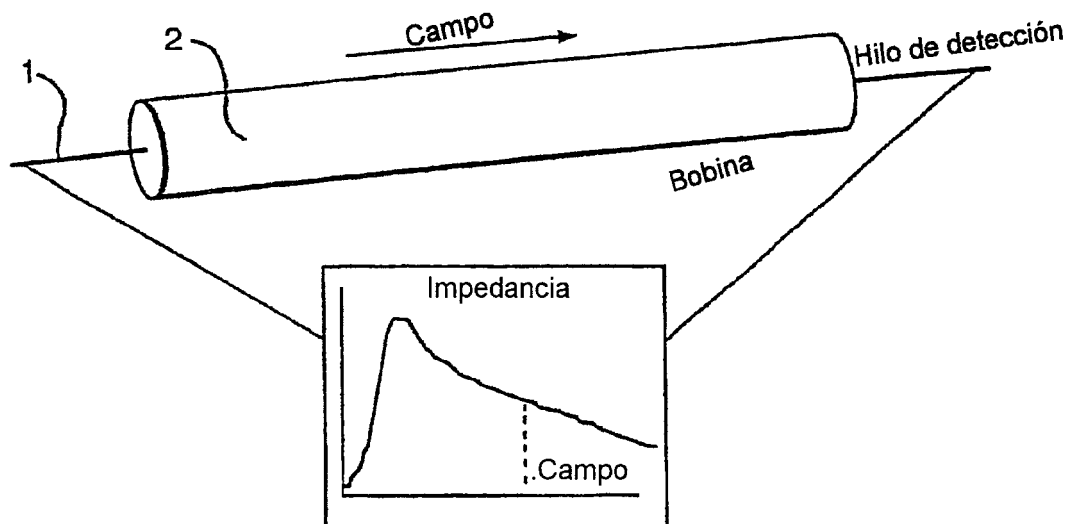


Fig.3.

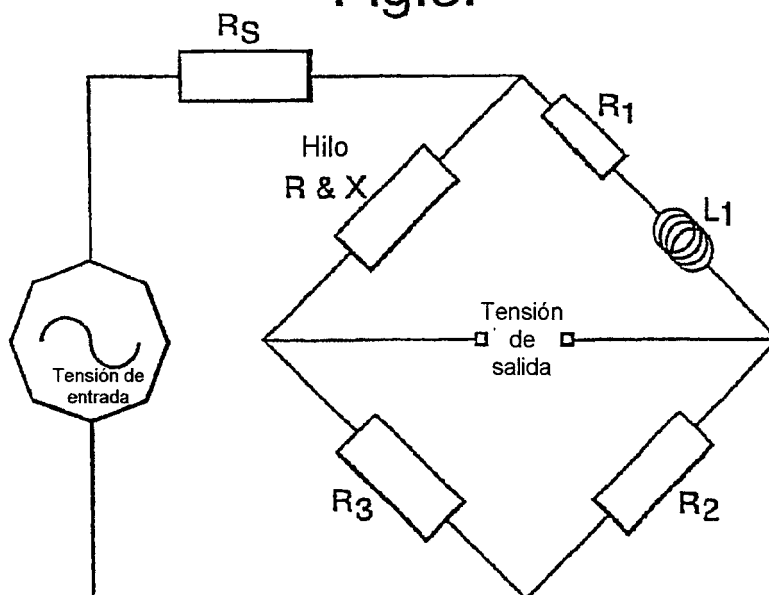


Fig.4.

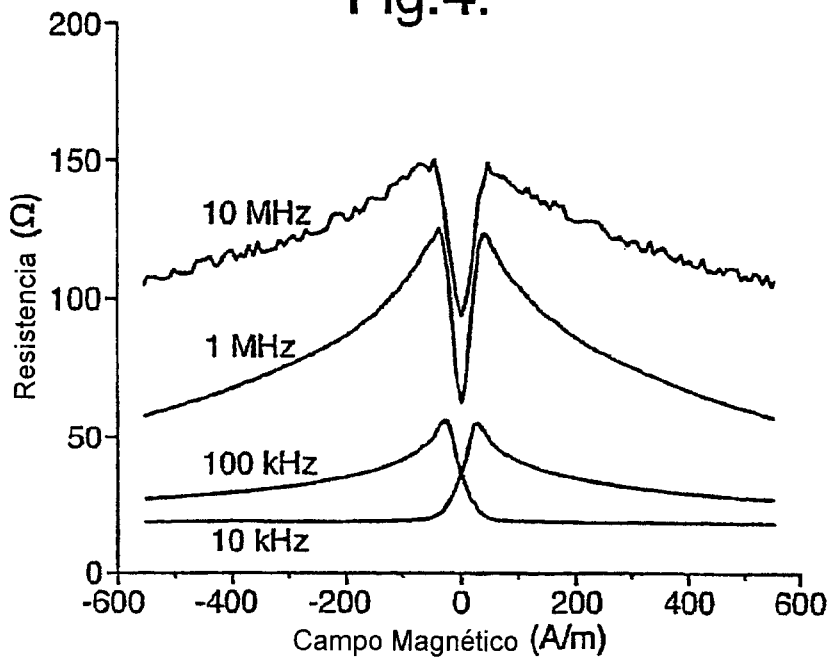


Fig.5.

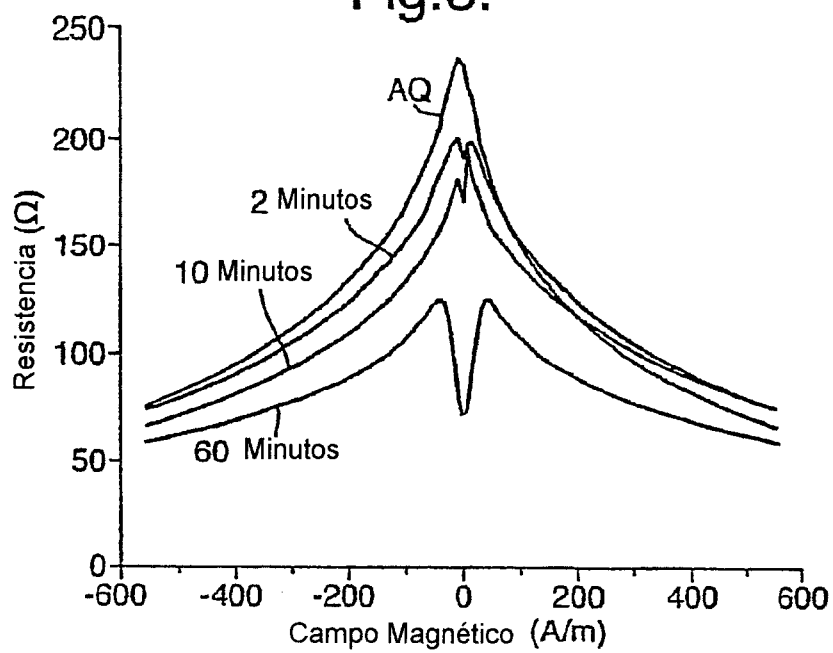


Fig.6a.

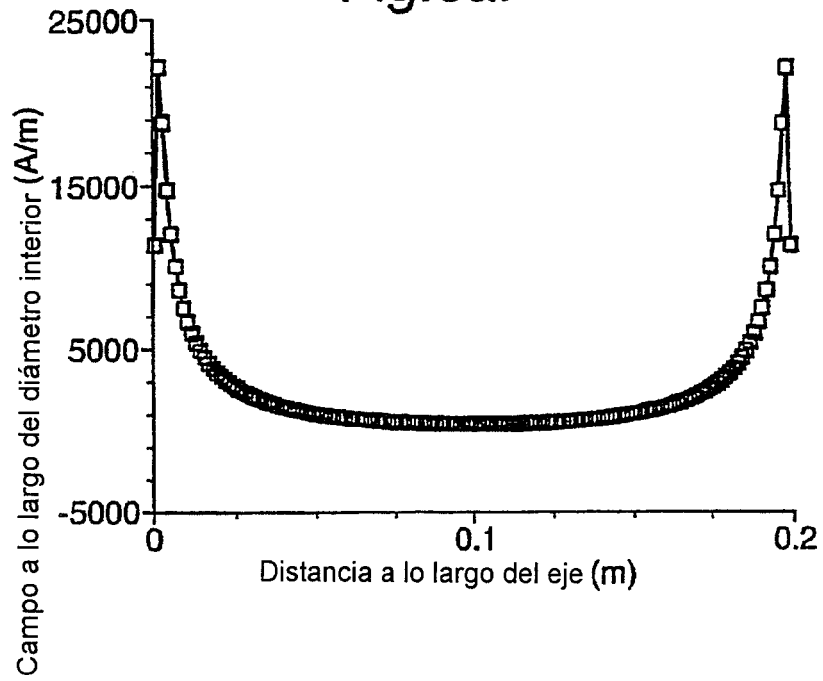


Fig.6b.

