



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 238 913**

⑫ Número de solicitud: 200302352

⑮ Int. Cl.7: **H01F 1/153**
C22C 45/02
C21D 8/12

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **09.10.2003**

⑫ Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.2005**

⑫ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.09.2005

⑪ Solicitante/s: **MICROMAG 2000, S.L.**
c/ José Abascal, nº 53, 3º
28003 Madrid, ES

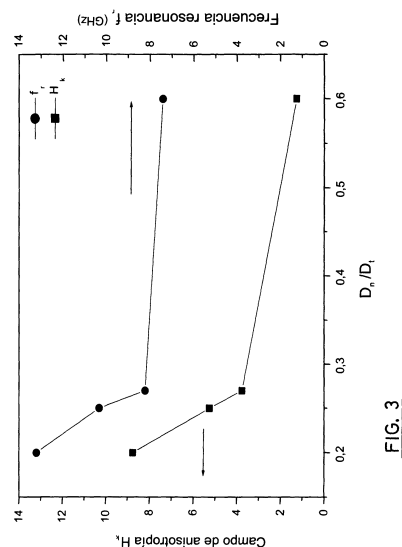
⑫ Inventor/es: **Marín Palacios, Pilar;**
Agudo Madurga, Pedro Antonio;
Cortina Blanco, Daniel y
Hernando Grande, Antonio

⑫ Agente: **Dávila Baz, Ángel**

⑫ Título: **Microhilo amorfo y método para su fabricación.**

⑫ Resumen:

Microhilo amorfo y método para su fabricación.
Microhilo amorfo revestido de una cubierta aislante, que consta de un núcleo metálico compuesto de una aleación de metales de transición y de elementos metaloides, en una proporción entre el 65%-90% y el 10%-35%, respectivamente, y de una cubierta de vidrio aislante; los metales de transición son al menos hierro, siendo la proporción relativa de hierro entre el 65%-100% sobre el total de los metales de transición, y el diámetro del núcleo (D_n) está comprendido entre 2 mm y 20 mm, de forma que la constante de magnetostricción (I) de la aleación metálica está comprendido entre 1 y 30 ppm y la frecuencia de resonancia ferromagnética natural está comprendida entre 3 y 20 GHz. La invención también se refiere al método para la fabricación de un microhilo amorfo.



ES 2 238 913 A1

DESCRIPCIÓN

Microhilo amorfo y método para su fabricación.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un microhilo metálico amorfo revestido de cubierta aislante, con unas propiedades determinadas de absorción de radiación electromagnética, así como a un método para la fabricación de tal microhilo.

La invención se encuadra dentro del campo técnico de los materiales magnéticos, cubriendo también aspectos de electromagnetismo, de aplicación en campo de sensores y absorbedores magnéticos y de metalurgia.

Antecedentes de la invención

Numerosas aplicaciones requieren eliminar las reflexiones de la radiación electromagnética. El gran número de sistemas electrónicos incorporados en los vehículos da lugar a un aumento de las interferencias electromagnéticas. Este problema incluye falsas imágenes, interferencias en los radares y disminución en el rendimiento debido al acoplo entre unos sistemas y otros. Un absorbedor de microondas podría ser muy efectivo para eliminar este tipo de problemas. También existe incluso mayor interés en reducir la sección radar de determinados sistemas para prevenir o minimizar su detección.

Los absorbedores de microondas se hacen modificando las propiedades dieléctricas, o lo que es lo mismo la permitividad dieléctrica y magnética, o permeabilidad magnética, de determinados materiales. En el primer caso se trata de absorbedores dieléctricos que basan su funcionamiento en el principio de resonancia a un cuarto de la longitud de onda. Sin embargo, en el segundo caso, se trata de la absorción de la componente magnética de la radiación. Los primeros intentos realizados para eliminar reflexiones incluyen el método de la pantalla absorbidora de Salisbury, el absorbedor no resonante, el resonante y los absorbedores magnéticos resonantes de ferrita. En el caso de la pantalla de Salisbury, una pantalla con una resistencia eléctrica elegida cuidadosamente se coloca en el punto donde el campo eléctrico de la onda es máximo, es decir, a una distancia igual a un cuarto de la longitud de onda respecto de la superficie que se quiere apantallar. Este método tiene poca utilidad práctica pues el absorbedor es demasiado grueso y sólo es efectivo para una banda de frecuencias y una variación de ángulos incidentes demasiado estrechas.

En los métodos no resonantes la radiación atraviesa una lámina dieléctrica para posteriormente ser reflejada por la superficie metálica. La lámina dieléctrica es suficientemente gruesa como para que, en el curso de su reflexión, la onda sea suficientemente atenuada antes de re-emergir desde la lámina. Cómo la lámina debe estar hecha de un material que presente bajas pérdidas a alta frecuencia y bajas propiedades de reflexión para asegurar penetración y reflexión, la lámina deber ser muy gruesa para atenuar la onda con efectividad.

En los primeros métodos resonantes se colocan materiales con elevadas pérdidas dieléctricas directamente sobre la superficie conductora que se quiere proteger. El material dieléctrico tiene un espesor efectivo, medido dentro del material, aproximadamente igual a un número par de cuartos de semilongitudes de onda de la radiación incidente. La utilidad del método es limitada debido al elevado espesor de la lámina dieléctrica y a la estrecha banda de absorción que presentan sobre todo a bajas frecuencias. Se ha intentado suplir estas deficiencias dispersando, en el dieléctrico, partículas conductoras ferromagnéticas. Sin embargo, cuando se dispersan partículas metálicas, elevadas permeabilidades, del orden de 10 ó 100, no son compatibles con conductividades bajas, del orden de 10^{-2} ó 10^{-8} mohm por metro.

Otro tipo de absorbedores son aquellos conocidos como absorbedores de ferrita (véase, por ejemplo, la patente estadounidense US-3938152) que presentan claras ventajas frente a los aquí ya expuestos. Funcionan en forma de láminas finas de forma que superan las desventajas del elevado espesor requerido por los absorbedores dieléctricos. Además son efectivos para frecuencias entre 10 MHz y 15.000 MHz y disipan más energía que los dieléctricos.

Los absorbedores de ferrita desarrollados hasta el momento eliminan las reflexiones mediante láminas de ferritas aislantes o semiconductoras, y en particular óxidos ferrimagnéticos metálicos, colocados directamente sobre la superficie reflectora. En estos casos el término ferrita se refiere a óxidos metálicos ferrimagnéticos incluyendo, pero no limitándose a ellos, compuestos tipo spinel, garnet, magnetoplumbita y perovskitas.

En este tipo la absorción es de dos tipos, que se pueden dar o no simultáneamente. Se trata de las pérdidas dieléctricas y magnéticas. Las primeras se deben a la transferencia de electrones entre los cationes Fe^{2+} y Fe^{3+} mientras que las del segundo tipo proceden del movimiento y de la relajación de spines de los dominios magnéticos.

De acuerdo con determinadas invenciones (como la patente US-3938152) a bajas frecuencias generalmente aquellas en el rango entre UHF y la banda L, la energía se extrae predominantemente de la componente magnética del campo de la radiación incidente mientras que a frecuencias más altas, generalmente en la banda L y superiores, la energía se extrae igualmente de componente eléctrica y magnética.

Este tipo de absorbedores elimina la reflexión porque la radiación establece un campo magnético máximo en

la superficie del conductor. En incidencia normal de una onda plana sobre un conductor ideal se produce reflexión total, la intensidad reflejada es igual a la intensidad incidente. Las ondas, incidente y reflejada, se componen entonces generando una onda estacionaria en la que el campo eléctrico es nulo en la frontera del conductor, mientras que en esa frontera el campo magnético es máximo. Existe una condensación del campo magnético durante el máximo tiempo posible. De este modo, en el caso de la ferrita es necesario que la radiación incidente atraviese la lámina absorbidora para establecer las condiciones de máximo campo magnético. Se ha visto que la parte compleja de la permeabilidad de ciertos óxidos metálicos ferrimagnéticos varía con la frecuencia de tal modo que permite obtener bajas reflexiones sobre rangos de frecuencia muy amplios sin necesidad de utilizar absorbedores magnéticos de espesores elevados como en otros casos.

Teniendo en cuenta el coeficiente de reflexión en metales para incidencia normal se deduce que cuando se trabaja con una lámina delgada, la onda reflejada se puede atenuar independientemente de la permitividad eléctrica del material absorbedor. Se producirán reflexiones mínimas a una determinada frecuencia si la permeabilidad compleja μ'' es sustancialmente mayor que la real μ' siempre que el producto $K\tau \ll 1$ donde K es el número de onda y τ el espesor de la lámina.

La presente invención se refiere a un tipo de elemento susceptible de ser utilizado en soportes para la absorción de radiación electromagnética conocido por microhilo magnético.

La conocida técnica de Taylor para la fabricación de microhilos permite la obtención de los mismos con diámetros pequeños y comprendidos entre una y varias decenas de micras. Los microhilos así obtenidos se pueden hacer a partir de una gran variedad de aleaciones y metales magnéticos y no magnéticos. Esta técnica está descrita, por ejemplo, en el artículo "*The preparation, properties and applications of some glass coated metal filaments prepared by the Taylor-wire process*" W. Donald *et al.*, Journal of Material Science, 31, 1996, pp 1139-1148.

La técnica para la obtención de microhilos magnéticos con cubierta aislante y microestructura amorfa se describe, por ejemplo, en el artículo "*Magnetic Properties of Amorphous Fe-P Alloys Containing Ga, Ge y As*" H. Wiesner and J. Schneider, Stat. Sol. (a) 26, 71 (1974), Phys. Stat. Sol. (a) 26, 71 (1974).

Por otra parte, la determinación de las condiciones de fabricación para que la microestructura del núcleo metálico del microhilo obtenido sea amorfa se revelan en la patente estadounidense US-5240066, en donde se especifican los rangos dentro de los que deben estar comprendidos ciertos parámetros de fabricación como son: la temperatura de sobrecalentamiento de la aleación fundida (250-300°C) superior a la temperatura de fusión de la aleación), la longitud de la zona de enfriamiento (5-7 mm), la distancia de la zona de enfriamiento a la de calentamiento (40-50 mm), el ritmo de enfriamiento ($10^5 - 10^6$ K/s), etc.

El problema del control de las propiedades magnéticas como permeabilidad magnética inicial y campo de anisotropía magnética del microhilo metálico que, estando revestido de cubierta aislante posee además estructura amorfa, en función de los parámetros de fabricación y procesado, han sido previamente considerados en la patente española ES-2138906, relativa a un "*Método de fabricación y procesado de microhilos metálicos amorfos revestidos de cubierta aislante con elevadas propiedades magnéticas*". En este caso se trata del control de los parámetros técnicos necesarios para obtener microhilos con elevada parte real de la permeabilidad magnética.

También se describen propiedades de microhilos amorfos magnéticos con cubierta aislante en el artículo "*Natural ferromagnetic resonant in cast microwires covered by glass insulation*" A. N. Antonenko, S.A. Baranov, V.S. Larin and A.V. Torkunov, Journal of Materials Science and Engineering A (1997) 248-250.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un microhilo amorfo de acuerdo con la reivindicación 1 y a un método de fabricación de un microhilo de acuerdo con la reivindicación 10. Realizaciones preferidas del microhilo y del método se definen en las reivindicaciones dependientes.

Es un objetivo de la presente invención dar las composiciones, así como las condiciones de preparación y procesado de microhilos metálicos amorfos recubiertos de vidrio aislante que presentan un comportamiento de ciclo de histéresis biestable y campo de anisotropía variable, y como consecuencia, frecuencia de resonancia ferromagnética natural (NFMR) comprendida en un amplio intervalo de frecuencias asociadas a aquellas en las que la parte compleja de la permeabilidad es sustancialmente más elevada que la real. El control de ciertos parámetros de la técnica de fabricación así como la elección de las composiciones adecuadas para el núcleo metálico del microhilo permiten la obtención de un comportamiento magnético con elevada parte imaginaria de la permeabilidad magnética para determinadas frecuencias.

El microhilo amorfo revestido de una cubierta aislante de la invención consta de:

- un núcleo metálico compuesto de una aleación de metales de transición y de elementos metaloides, en una proporción entre el 65%-90% y el 10%-35%, respectivamente, y de

- una cubierta de vidrio aislante.

ES 2 238 913 A1

En el microhilo de la invención:

- dichos metales de transición son al menos hierro, siendo la proporción relativa de hierro entre el 65%-100% sobre el total de los metales de transición, y

- el diámetro del núcleo metálico D , está comprendido entre $2\text{ }\mu\text{m}$ y $20\text{ }\mu\text{m}$, de forma que la constante de magnetostricción λ de la aleación metálica está comprendida entre 1 y 30 ppm y la frecuencia de resonancia ferromagnética natural (NFMN) está comprendida entre 3 y 20 GHz.

Esta constante de magnetostricción λ se controla mediante la proporción relativa, dentro de los metales de transición, entre el hierro y cobalto, que es, preferiblemente, otro de los metales de transición del núcleo metálico; a mayor cantidad de hierro en la composición del núcleo metálico, mayor constante de magnetostricción.

Otra característica del microhilo de la invención es que presenta un comportamiento magnético biestable, que se caracteriza por tener un campo de anisotropía crítico H_k comprendido entre 0,5 y 10 Oe.

Este campo de anisotropía crítico H_k se controla en base a dos cosas:

- la constante de magnetostricción λ : a mayor constante de magnetostricción mayor campo crítico;

- el diámetro del núcleo metálico D_n : para una determinada composición, a menor diámetro del núcleo mayor campo crítico.

Es decir, el comportamiento magnético biestable no sólo depende de la magnetostricción, sino que también depende de ciertos parámetros del proceso de fabricación del microhilo, como por ejemplo, las tensiones inducidas.

Esta dependencia se produce a través de la anisotropía magnetoelástica $K=3/2\sigma\lambda$, donde σ son tales tensiones y λ es la constante de magnetostricción.

Como se ha indicado, el comportamiento magnético del microhilo está relacionado con la constante de magnetostricción. El valor de la anisotropía magnetoelástica depende de: i) las tensiones originadas en el proceso de fabricación, ii) la diferencia entre los coeficientes de dilatación del vidrio de la cubierta y de la composición del núcleo metálico, iii) la tensión de tracción relacionada con la velocidad de giro de la bobina donde se enrolla el microhilo.

Por otro lado, la frecuencia de resonancia ferromagnética natural aumenta con el campo de anisotropía crítico: a mayor campo crítico, mayor frecuencia de resonancia.

En el microhilo de la invención preferiblemente el diámetro del núcleo D_n está comprendido entre $2\text{ }\mu\text{m}$ y $10\text{ }\mu\text{m}$.

De acuerdo con una relación preferente, la proporción del diámetro del núcleo D_n al diámetro total D_t del microhilo está comprendida entre 0,18 y 0,6.

Preferiblemente, los elementos metaloides son manganeso, silicio, boro y carbono.

Más preferiblemente la composición del núcleo metálico es $\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$ o es $\text{Fe}_{69}\text{B}_{16}\text{Si}_{10}\text{C}_5$.

La inclusión de manganeso en la composición del núcleo metálico hace posible obtener microhilos con un diámetro del núcleo D_n , pequeño como se ha indicado, de entre $2\text{ }\mu\text{m}$ y $10\text{ }\mu\text{m}$.

La presencia del carbono asegura más amorficidad que si sólo se utilizaran silicio y boro.

La presente invención también se refiere a un método para la preparación de microhilos capaces de absorber la radiación radar en el intervalo de frecuencias comprendido entre 3 y 20 GHz.

Así, el método de fabricación de microhilos amorfos revestido de una cubierta aislante que constan de un núcleo metálico y una cubierta de vidrio aislante, comprende las siguientes etapas:

- disponer un tubo de vidrio que contiene una aleación de metales de transición y de elementos metaloides, en una proporción entre el 65%-90% y el 10%-35%,

- fundir dicha aleación mediante una bobina de inducción alimentada por un generador durante un primer tiempo (t_1) y a una primera temperatura (T_1),

- sobrecalentar dicha aleación fundida durante un segundo tiempo (t_2) y a una segunda temperatura (T_2),

- fusionar con el tubo de vidrio a partir del calor generado por la aleación fundida y sobrecalentada,

- extraer el microhilo mediante el arrollamiento capilar en bobinas del vidrio con la aleación en su interior, y

- refrigerar el microhilo,

de forma que el microhilo obtenido tiene una constante de magnetostricción (λ) comprendida entre 1 y 30 ppm y una frecuencia de resonancia ferromagnética natural comprendida entre 3 y 20 GHz.

Preferiblemente, dicho primer tiempo t_1 oscila entre 1 min. y 5 min. y dicha primera temperatura T_1 oscila entre 100°C y 400°C.

Preferiblemente, dicho segundo tiempo t_2 oscila entre 5 min. y 60 min. y dicha segunda temperatura T_2 oscila entre 1200°C y 1500°C.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

En la figura 1 se muestra un ciclo de histéresis biestable y sus parámetros asociados más importantes.

En la figura 2 se muestran los ciclos de histéresis asociados a cuatro microhilos de composición FeSiBCMn.

En la figura 3 se muestra la influencia del campo de anisotropía sobre la frecuencia de resonancia ferromagnética natural.

Descripción de una realización preferida de la invención

Los microhilos de la presente invención, como se ha indicado, están hechos de aleaciones basadas en hierro y poseen constantes de magnetostricción λ positivas. Su característica magnética fundamental es la presencia de comportamiento magnético biestable caracterizado por la presencia de un salto abrupto de la imanación hasta prácticamente el valor de imanación de saturación a cierto valor del campo magnético aplicado conocido como campo de anisotropía crítico H_k .

Para una determinada composición de la aleación el campo crítico del microhilo aumenta cuando manteniéndose constante el diámetro total D_t se disminuye el diámetro del núcleo metálico D_n . Esto se debe a que cuanto mayor sea la razón entre el diámetro total y el del núcleo, mayor es el campo de anisotropía H_k . Este efecto se debe a que durante el proceso de solidificación aparecen elevadísimas tensiones en el núcleo metálico como consecuencia de los diferentes coeficientes de expansión térmica del vidrio y del metal. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones el campo de anisotropía se puede expresar del siguiente modo:

$$H_k = \frac{\lambda \sigma_o}{M} \frac{kx}{kx + 1} F(k, x)$$

dónde $F(k, x)$ es una función de k y x , λ es la constante de magnetostricción de la aleación, o son las tensiones inducidas durante el proceso de fabricación, k es la razón entre los módulos de Young del vidrio y del metal respectivamente, M es la imanación de saturación de la aleación y $x = \left(\frac{D_t}{D_n}\right)^2 - 1$.

Esta anisotropía longitudinal es la responsable de la existencia de resonancia ferromagnética natural NFMR en los microhilos magnéticos amorfos. La frecuencia de la NFMR depende del valor de la anisotropía magnética. En los materiales magnéticos conocidos suele ser del 1 GHz. Los elevados valores obtenidos en los microhilos magnéticos están relacionados con las elevadas anisotropías magnéticas.

Teniendo en cuenta que la longitud de penetración de la radiación por efecto "skin" en el microhilo, δ , es menor que su radio y considerando las ecuaciones de Kittel (C. Kittel, Phys. Rev. v. 73, p. 270 (1947)) se obtiene una expresión en la que se confirma que la frecuencia de resonancia f_r del microhilo depende de su campo de anisotropía

$$f_r = \left(\frac{g^2 M H_k}{\pi}\right)^{1/2}$$

donde g es la constante giromagnética.

En su caso, los materiales se utilizan para diversas aplicaciones en las altas frecuencias. Por tanto, un campo de anisotropía magnética reducido da lugar a una frecuencia de resonancia ferromagnética natural relativamente baja, entre 1 y 3 GHz, mientras que un campo de anisotropía más elevado da lugar a frecuencia de resonancia entre 3 y 29 GHz.

Como se ha indicado, el elevado valor de la parte imaginaria de la permeabilidad magnética para las frecuencias elegidas, asociado al comportamiento magnético biestable con campos de anisotropía variables, se controla eligiendo la composición nominal de la aleación, el tiempo de exposición a la temperatura de sobrecalentamiento (T), la relación entre el diámetro del núcleo metálico D_n y el del núcleo total D_t y la temperatura de tratamiento térmico posterior.

Elegida la composición nominal adecuada, los tiempos de exposición (t) oscilan entre 1 y 5 min.

Manteniendo el tiempo de exposición fijo, el campo de anisotropía aumenta si disminuye el cociente D_n/D_t . Disminuyendo el tiempo de exposición es preciso pues disminuir el diámetro del núcleo interno para mantener o en algunos casos incrementar el campo de anisotropía H_k y de la frecuencia de resonancia ferromagnética natural.

Las tensiones presentes en el núcleo metálico magnético pueden ser modificadas mediante tratamientos térmicos adecuados de las muestras. Los recocidos se realizan por horno de inducción y en atmósfera inerte (Ar). Las temperaturas de tratamiento deben ser inferiores a las de cristalización de la aleación y suelen oscilar entre 100 y 400°C. Los tiempos de tratamiento pueden variar entre 5 y 60 min. Estos tratamientos modifican notablemente las propiedades magnéticas.

La estructura también depende de la temperatura de la aleación, que está comprendida entre 1500 y 1200°C mientras se fabrica y evoluciona con la masa, que pasa de 2,0 a 0,7 g.

El diámetro del microhilo se controla a través de tres parámetros fundamentales en el proceso de fabricación que son: velocidad de bobinado, presión de vacío, y velocidad de bajada del tubo de pirex.

A medida que aumentan la velocidad de bobinado y la presión del vacío disminuye el diámetro del núcleo de metal. El espesor del pirex aumenta cuando lo hace la velocidad de bajada del tubo de pirex.

El barrido en frecuencias de resonancia de 3 a 20 GHz se realiza del modo que se resume en la tabla siguiente:

Composición	Magnetotricción (ppm)	Geometría microhilo (μm)		Velocidad bobinado (mm/min)	Velocidad bajada tubo pirex (mm/min)	Presión Vacío (mmHg)	NFMR (GHz)
		D_n	D_t				
$\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$	30	2	4	312	2,3	180	13
$\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$	30	4	14	305	2,3	175	10
$\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$	30	6	24	290	2,3	170	8
$\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$	30	10	50	280	2,2	130	7
$\text{Fe}_{69}\text{B}_{16}\text{Si}_{10}\text{C}_5$	28	10	50	280	2,2	130	7
$\text{Fe}_{69}\text{B}_{16}\text{Si}_{10}\text{C}_5$	28	15	78	275	2,1	125	5
$\text{Fe}_{69}\text{B}_{16}\text{Si}_{10}\text{C}_5$	28	20	110	270	2,1	123	3

Como muestra de las características y propiedades del microhilo de la invención, en la figura 1 se muestra un ciclo de histéresis biestable y sus parámetros asociados más importantes, donde M es la imanación de saturación y H_k el campo de anisotropía.

En la figura 2 se muestran los ciclos de histéresis asociados a cuatro microhilos, todos con la composición Fe-SiBCMn. En ellos la razón D_n/D_t varía de la siguiente forma: 0.6 (a), 0.28 (b), 0.25 (c) y 0.2 (d); siendo D_n el diámetro del núcleo metálico y D_t el diámetro total.

Por último la figura 3 muestra la influencia del campo de anisotropía sobre la frecuencia de resonancia ferromagnética natural, en relación con la razón entre el diámetro del metal y el total de los microhilos, cuyo ciclo de histéresis se representa en la figura 2.

REIVINDICACIONES

1. Microhilo amorfo revestido de una cubierta aislante, que consta de:

- un núcleo metálico compuesto de una aleación de metales de transición y de elementos metaloides, en una proporción entre el 65%-90% y el 10%-35%, respectivamente,

- una cubierta de vidrio aislante,

caracterizado porque

- los metales de transición son al menos hierro, siendo la proporción relativa de hierro entre el 65%-100% sobre el total de los metales de transición,

y porque

- el diámetro del núcleo (D_n) está comprendido entre $2\ \mu\text{m}$ y $20\ \mu\text{m}$,

de forma que la constante de magnetostricción (λ) de la aleación metálica está comprendido entre 1 y 30 ppm y la frecuencia de resonancia ferromagnética natural está comprendida entre 3 y 20 GHz.

2. Microhilo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el diámetro del núcleo (D_n) está comprendido entre $2\ \mu\text{m}$ y $10\ \mu\text{m}$.

3. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los elementos metaloides son manganeso, silicio, boro y carbono.

4. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la proporción del diámetro del núcleo (D_n) al diámetro total (D_t) del microhilo está comprendida entre 0,18 y 0,6.

5. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la composición del núcleo metálico es $\text{Fe}_{89}\text{B}_1\text{Si}_3\text{C}_3\text{Mn}_4$.

6. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado** porque la composición del núcleo metálico es $\text{Fe}_{69}\text{B}_{16}\text{Si}_{10}\text{C}_5$.

7. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque presenta un comportamiento magnético biestable.

8. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque posee un campo de anisotropía comprendido entre 0.5 y 10 Oe.

9. Microhilo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque su frecuencia de resonancia ferromagnética natural aumenta con el campo de anisotropía.

10. Método de fabricación de microhilos amorfos revestido de una cubierta aislante que constan de un núcleo metálico y una cubierta de vidrio aislante, **caracterizado** porque comprende las siguientes etapas:

- disponer un tubo de vidrio que contiene una aleación de metales de transición y de elementos metaloides, en una proporción entre el 65%-90% y el 10%-35%,

- fundir dicha aleación mediante una bobina de inducción alimentada por un generador durante un primer tiempo (t_1) y a una primera temperatura (T_1),

- sobrecalentar dicha aleación fundida durante un segundo tiempo (t_2) y a una segunda temperatura (T_2),

- fusionar con el tubo de vidrio a partir del calor generado por la aleación fundida y sobrecalentada,

- extraer el microhilo mediante el arrollamiento capilar en bobinas del vidrio con la aleación en su interior, y

- refrigerar el microhilo,

de forma que el microhilo obtenido tiene una constante de magnetostricción (λ) comprendida entre 1 y 30 ppm y una frecuencia de resonancia ferromagnética natural comprendida entre 3 y 20 GHz.

11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado** porque dicho primer tiempo (t_1) oscila entre 1 min. y 5 min. y dicha primera temperatura (T_1) oscila entre 100°C y 400°C .

ES 2 238 913 A1

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, **caracterizado** porque dicho segundo tiempo (t_2) oscila entre 5 min. y 60 min. y dicha segunda temperatura (T_2) oscila entre 1200°C y 1500°C.

5 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, **caracterizado** porque la velocidad de bobinado está comprendida entre 270 y 320 mm/min.

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, **caracterizado** porque la velocidad de bajada del tubo de Pirex está comprendida entre 2.1 y 2.3 mm/min.

10 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10-14, **caracterizado** porque la presión de vacío está comprendida entre 123 y 180 mmHg.

15

20

25

30

35

40

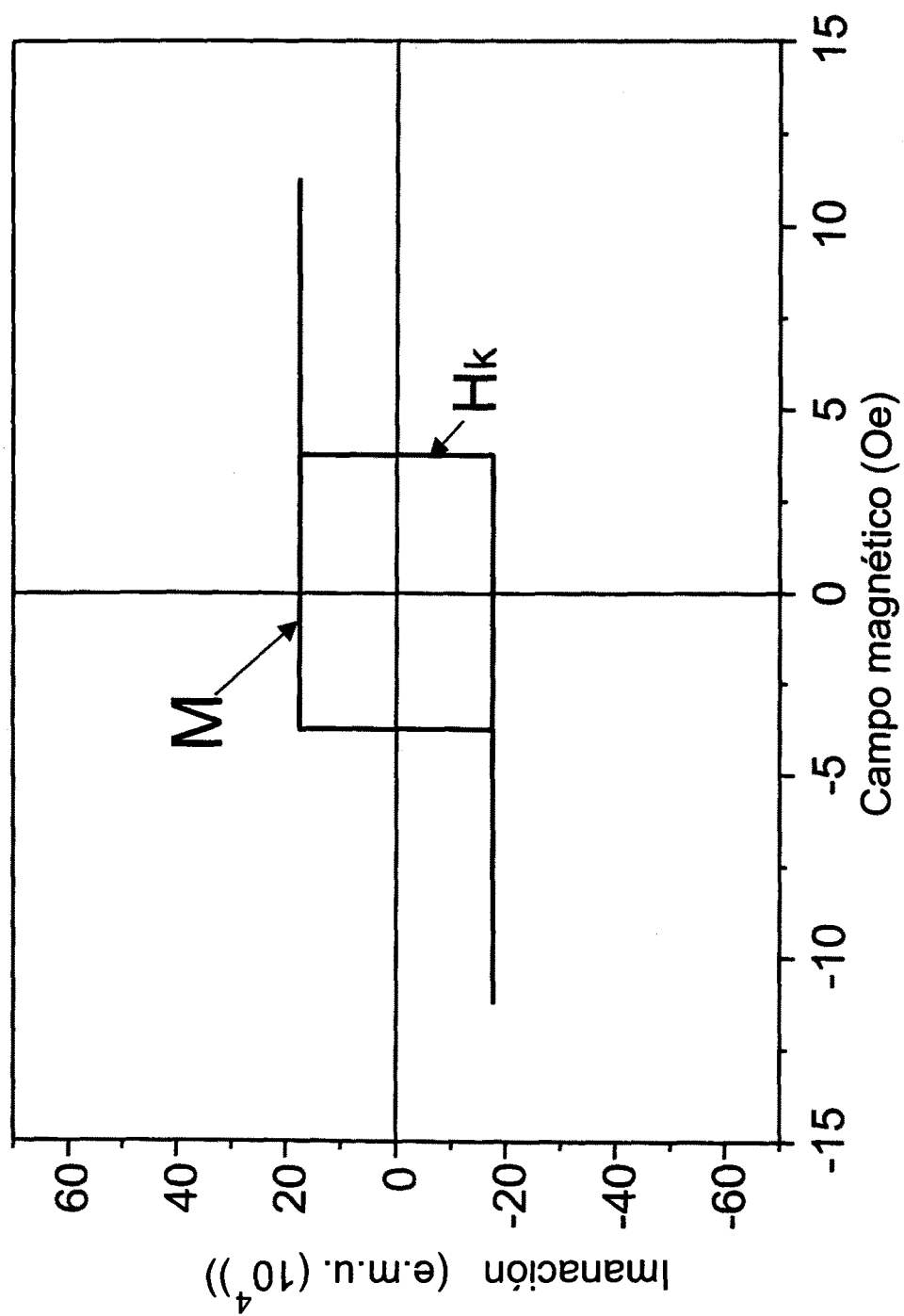
45

50

55

60

65

FIG. 1

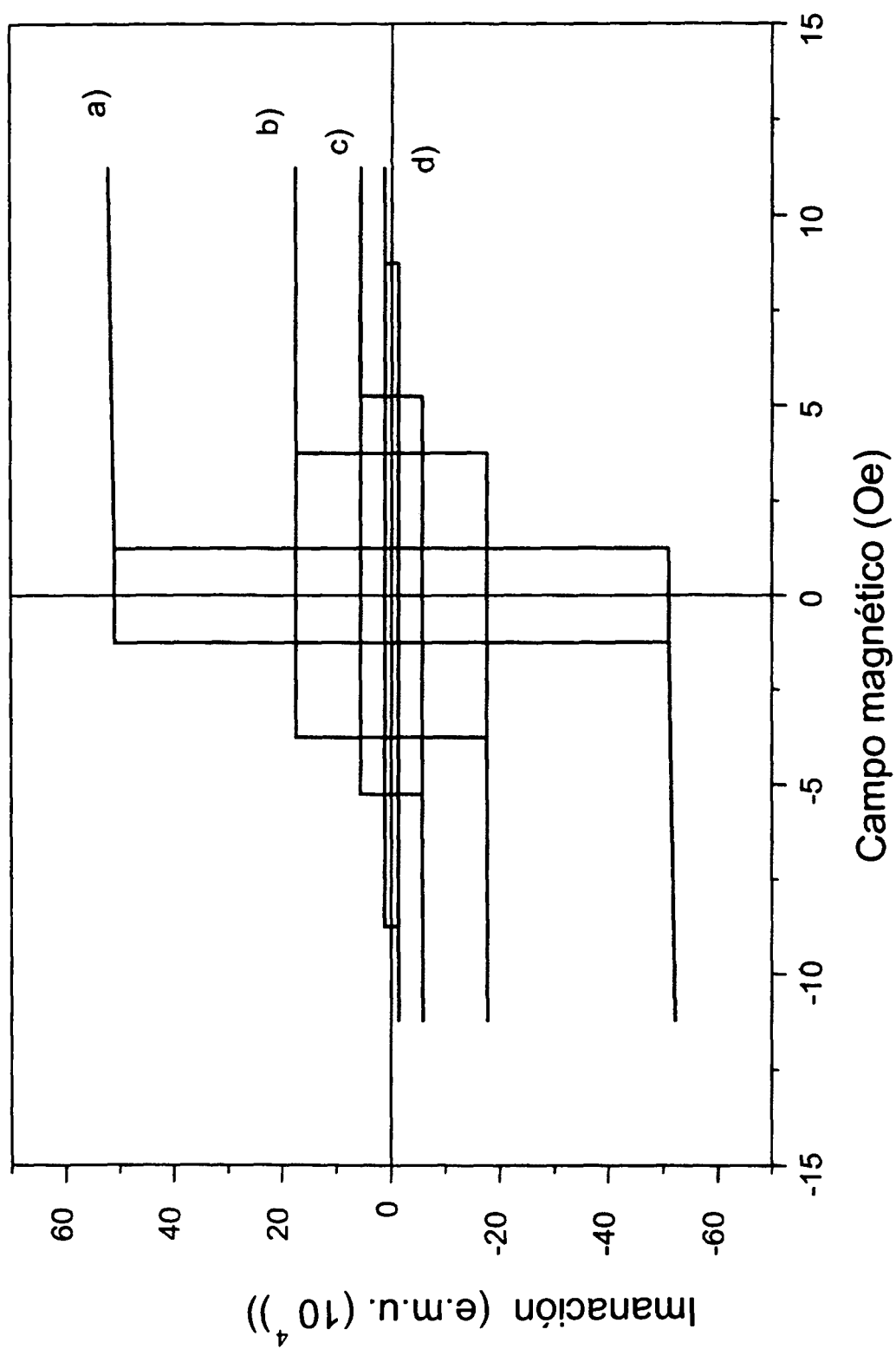


FIG. 2

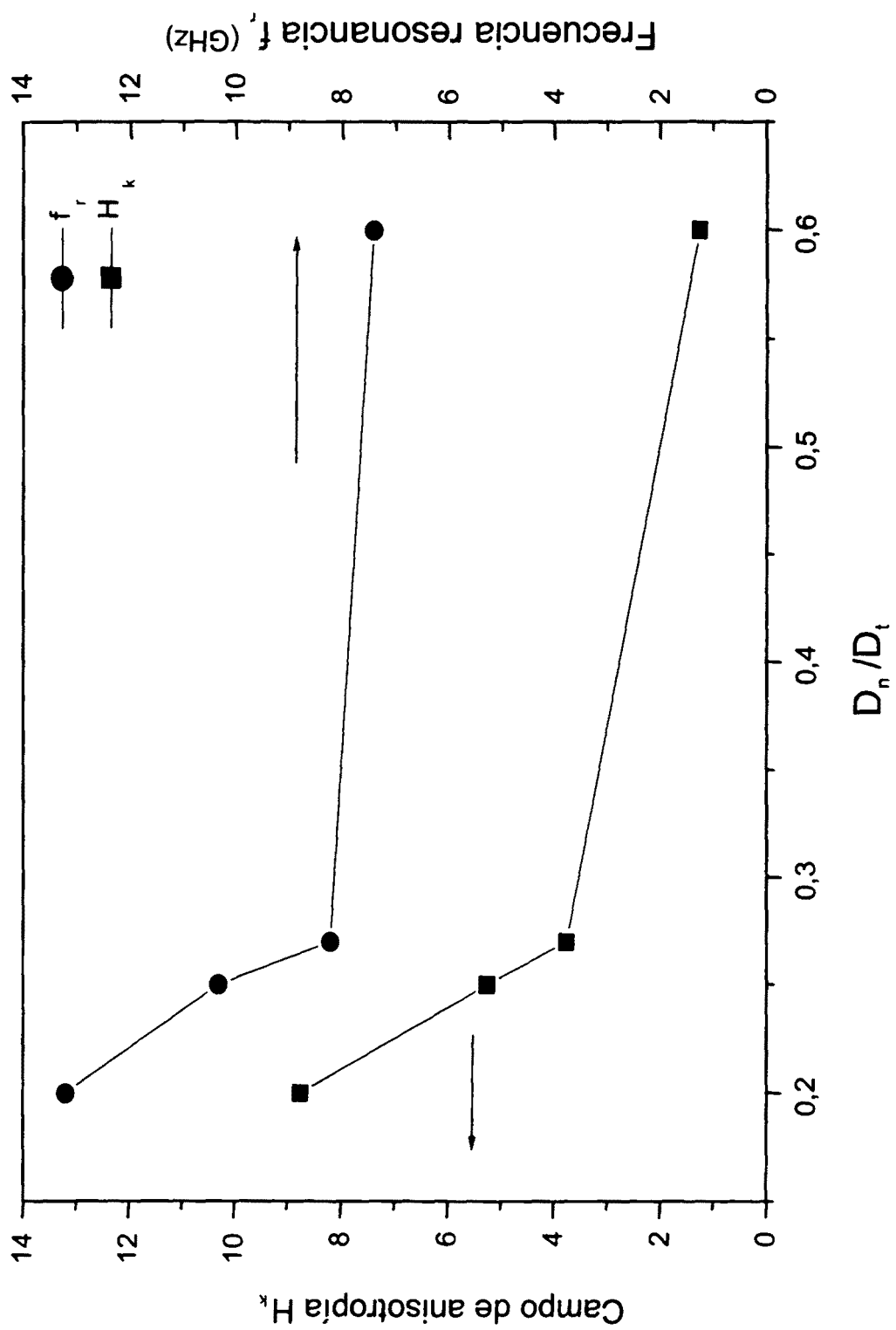


FIG. 3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 238 913

⑫ Nº de solicitud: 200302352

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 09.10.2003

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: H01F 1/153, C22C 45/02, C21D 8/12

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 02082475 A1 (FOURWINDS, AMOTEC, TAMAG) 17.10.2002, todo el documento.	1-15
A	US 5757272 A (HERZER et alii) 26.05.1998, todo el documento.	1-15
A	US 5240066 A (GORYNIN et alii) 31.08.1993, todo el documento.	1-15
A	ES 2138906 A1 (APLICACIONES MAGNÉTICAS S.A.) 16.01.2000, todo el documento.	1-15
A	US 20030085809 A1 (ANTONENCO et alii) 08.05.2003, todo el documento.	1-9
A	WO 2041274 A1 (ADVANCED CODING SYSTEMS LTD.) 23.05.2002, todo el documento.	1-9

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

02.08.2005

Examinador

M. Fluvía Rodríguez

Página

1/1