

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 479**

51 Int. Cl.:

G08B 13/24 (2006.01)

H01F 10/13 (2006.01)

H01L 41/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2007 PCT/US2007/070557**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2007 WO07143707**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2007 E 07798193 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2188792**

54 Título: **Composiciones de aleación amorfa para un resonador magnetomecánico y marcador EAS que las contiene**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2020

73 Titular/es:
**SENSORMATIC ELECTRONICS, LLC (100.0%)
6600 Congress Avenue
Boca Raton, FL 33487, US**

72 Inventor/es:
**LIAN, MING-REN;
LIU, NEN-CHIN;
CHINA, CHAITALI y
COFFEY, KEVIN R.**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 758 479 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).

DESCRIPCIÓN

Composiciones de aleación amorfa para un resonador magnetomecánico y marcador EAS que las contiene

5 **Antecedentes**

El campo de esta invención es la vigilancia electrónica de artículos y, más particularmente, un marcador para uso en un sistema de vigilancia electrónica de artículos.

10 Existen muchas tecnologías de detección diferentes usadas por las aplicaciones antirrobo de los minoristas, conocidas como vigilancia electrónica de artículos ("EAS"). Entre estas tecnologías se encuentran los marcadores (marcas y etiquetas) basados en magneto-acústica ("AM"), tales como los producidos por Sensormatic Electronics Corporation, que son altamente deseables debido a muchas de sus ventajas únicas, tales como alta sensibilidad, tamaño pequeño, ser desactivables/reactivables, bajo coste, fácil desactivación, etc.

15 Una etiqueta AM típica mide aproximadamente 45 mm de largo, 10 mm de ancho, con un grosor total de aproximadamente 1,3 mm. Un ejemplo de dicha etiqueta se ilustra en la figura 1. Como se muestra en la figura 1(a), la etiqueta 100, puede incluir una pequeña cavidad 102, que está formada para alojar uno o más elementos activos 104. El elemento activo 104 es una tira de metal magnetomecánico y la cavidad 102 se forman para permitir una resonancia mecánica adecuada del elemento activo. El o los elementos activos 104 se colocan dentro de la cavidad 102, y luego se sella la cubierta superior 106. Una tira de polarización magnética semidura 108 se encuentra próxima al exterior de la cavidad 102 y el elemento activo 104. Finalmente, el marcador 100 se completa añadiendo una capa adhesiva con papel antiadherente 110.

25 La figura 1(b) ilustra un sistema EAS típico que emplea un marcador como el marcador AM 100. Como se muestra en la figura 1(b), el pedestal transmisor 114 genera un campo electromagnético 116 entre él y el pedestal receptor 118. El campo se genera normalmente en un serie de pulsos, que producen ráfagas regulares de energía electromagnética. El rango del campo magnético define una "zona de interrogación" (120) entre los pedestales. Cuando se le hace pasar a través de esta zona de interrogación, el elemento activo 104 del marcador AM 100 absorbe energía del campo 116 y resuena para generar una señal de respuesta electromagnética a la energía electromagnética entrante del transmisor. Para lograr esto, el elemento activo 104 se compone de una tira de material magnético de alta permeabilidad (μ). Además, también es un resonador mecánico de alto factor de calidad (Q). La Q puede ser de hasta 3000, dependiendo de la fricción superficial de la tira durante su resonancia. El pedestal receptor 118 escucha esta señal de respuesta entre ráfagas provenientes del transmisor 114, para detectar la presencia de un marcador dentro de la zona de interrogación. Cuando se detecta un marcador, el sistema puede activar una alarma para alertar a la seguridad.

40 El elemento activo a usar en el marcador puede producirse determinando una serie de factores para lograr un elemento que tenga las propiedades deseadas. Por ejemplo, esto se puede lograr a través de una cuidadosa selección de la composición a partir de la cual se forma el elemento, y la manera en que la composición es recocida y procesada de otra manera, mecánica, química y electromagnéticamente. Se conocen varias técnicas para optimizar el elemento activo de un marcador EAS. Algunas de estas se desvelan, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos N°. 4.510.489; 5.252.144; 5.469.140; 5.469.489; 5.628.840; 6.018.296; y 6.359.563.

45 Las patentes de Estados Unidos N°. 6.018.296 y 6.359.563, por ejemplo, desvelan una aleación a base de FeNi que tiene bajo o ningún contenido de cobalto, y con cantidades específicas de elementos adicionales, M, (tales como Si, B, C, P, Ge, Nb, Mo, Cr y Mn) para controlar cuán vítreo es el material, su formabilidad y su susceptibilidad a cambios en las propiedades magnéticas debido a la tensión mecánica en el material durante el recocido.

50 Estas patentes se centran en el uso del calentamiento rápido (aproximadamente 1 minuto o menos) del material a temperaturas más altas (> 300 °C) en un proceso de recocido de bobina a bobina para establecer las características magnéticas del material. En la patente '296, también se usó un recocido por lotes con un tiempo de calentamiento de quince minutos a estas temperaturas más altas para comparar con el proceso de recocido de bobina a bobina preferido.

55 La patente '296 también afirma que el recocido de este material en presencia de un campo magnético transversal (a la longitud de la cinta del elemento activo) no es deseable porque no se puede lograr una pendiente suficientemente baja de la característica de respuesta de frecuencia del material en el punto de funcionamiento del campo de polarización de CC deseado de aproximadamente $517,3 \text{ Am}^{-1}$ (6,5 Oe). Por el contrario, la patente '563, si bien es capaz de lograr una pendiente suficientemente baja para la característica de respuesta de frecuencia incluso con el uso de un campo magnético transversal, requiere el uso de un recocido de bobina a bobina a estas temperaturas más altas y tiempos de recocido más cortos.

65 Los factores externos, tales como el coste de las materias primas (tales como el Ni) y/o el alto coste de diversos aspectos del procesamiento de materiales (tales como el recocido rápido de bobina a bobina a mayor temperatura) en la forma final, pueden cambiar con el tiempo, causando el problema de que el coste de producir un elemento

activo para un marcador EAS puede ser demasiado alto. Por consiguiente, se necesita una solución para desarrollar nuevas formas de lograr el mismo o mejor rendimiento en un elemento activo para los marcadores EAS frente al problema de costes tan altos.

- 5 El documento EP 0 702 096 A1 desvela el uso de aleaciones magneto-restrictivas basadas en Fe, Co, para sistemas de vigilancia con etiquetas magnetoelásticas.

El documento GB 2 156 630 A desvela un sistema de vigilancia de artículos y marcadores para uso en el mismo. Un marcador se compone de una tira de material ferromagnético magnetoestrictivo amorfo.

10

Sumario de la invención

La invención se define en la reivindicación independiente 1.

- 15 Preferentemente, el resto compensador de los elementos restantes, M, puede incluir uno o más seleccionados del grupo que consiste en Co, Si, B, C, P, Sn, Cu, Ge, Nb, Mo, Cr, Mn y mischmetal.

En particular, el material puede incluir aproximadamente el 15-30 % de uno o más seleccionados del grupo que consiste en Si, B, C y P para afectar a la naturaleza vítrea del material. Para afectar a las propiedades magnéticas del material, puede incluir del 0 a aproximadamente el 10 % de uno o más seleccionados del grupo que consiste en Sn, Cu, Ge, Nb, Mo, Cr, Mn y mischmetal. El recocido por lotes se lleva a cabo particularmente a una temperatura de aproximadamente 250 °C durante aproximadamente una hora.

20

Breve descripción de los dibujos

25

Para una mejor comprensión de las diversas realizaciones de la invención, se debe hacer referencia a la siguiente descripción detallada que se debe leer junto con las siguientes figuras en las que números similares representan partes similares.

30

La figura 1(a) es una ilustración de la construcción de un marcador magneto-acústico.

La figura 1(b) es una ilustración de un sistema EAS.

La figura 2 es una ilustración de la dependencia de una frecuencia de resonancia típica de un marcador EAS en el campo magnético de CC externo aplicado. [0016] La figura 3 es una ilustración de amplitudes de resonancia magnetomecánicas medidas en tres intervalos de tiempo, A_0 , A_1 y A_2 , con cambios con el campo de polarización de CC externo

35

La figura 4 es una ilustración del efecto del porcentaje de concentración de níquel sobre la anisotropía de campo inducido en un elemento activo.

La figura 5 es una ilustración del efecto del porcentaje de concentración de níquel sobre la magnetización de saturación.

40

La figura 6 es una ilustración del efecto de la concentración de níquel sobre la magnitud de magnetoestricción.

La figura 7 es una ilustración de una comparación de la dependencia de frecuencia-polarización de CC de elementos activos existentes para un marcador EAS con un elemento activo de la invención.

La figura 8 es una ilustración del rendimiento de resonancia para un marcador EAS con un elemento activo.

45 Descripción detallada

La figura 2 ilustra una característica de frecuencia de resonancia típica de un elemento activo. Como se puede ver en la figura 2, la frecuencia de resonancia del elemento varía con el campo de CC (generado por la interacción con el imán de polarización semiduro). A medida que aumenta el campo de polarización de CC, la frecuencia de resonancia disminuye, hasta que alcanza un mínimo (F_{mm}) en un campo de polarización de H_{mm} (Am^{-1}). La frecuencia aumenta entonces rápidamente más allá de H_{mm} . La interdependencia de frecuencia-campo magnético de polarización se puede describir en la ec. 1:

50

$$F_{res} = \frac{1}{2L} \cdot \sqrt{\frac{E/\rho}{1 + \frac{9\lambda^2 \cdot E \cdot H^2}{M_s \cdot H_k^3}}} \quad (1)$$

55

donde E, L, ρ son el módulo de Young, la longitud y la densidad de la tira amorfa, y H, λ , M_s y H_k , son el campo magnético de CC aplicado, la magnetoestricción, la magnetización de saturación y el campo de anisotropía transversal (a la longitud de la cinta), respectivamente.

60

La característica de amplitud de la señal de respuesta se puede demostrar tomando mediciones en incrementos de tres tiempos (A_0 , A_1 , A_2) después de que el marcador 100 se someta al campo electromagnético 116; por ejemplo, a 0, 1 y 2 milisegundos después de una ráfaga, como se muestra en la figura 3. En general, la amplitud aumenta con el campo magnético de CC, hasta alcanzar un máximo en $H_{m\acute{a}x}$, y luego comienza a disminuir gradualmente con el campo de polarización, finalmente disminuyendo como la tira activa saturada magnéticamente. Como se muestra en

la figura 2, el pico de A_0 , A_1 y A_2 se desplaza hacia la izquierda (campo CC inferior), lo que significa una Q más alta en el campo magnético inferior. En general, la amplitud A_i representa lo que el pedestal receptor 116 detecta. El máximo de A_i , y el campo de polarización cuando se produce, se designan como $A_{i\text{máx}}$ y $H_{\text{máx}}$, respectivamente.

5 Para obtener un elemento activo utilizable para un marcador EAS, se deben optimizar varios parámetros para obtener un punto de funcionamiento para el elemento activo/polarización en el marcador que tiene una frecuencia de resonancia deseada (tal como 58 kHz para marcadores AM) en un campo de polarización CC deseado, normalmente menos de H_{mm} . La pendiente de frecuencia en Hz/Am^{-1} en este punto de funcionamiento es menor que la pendiente máxima para la curva característica de frecuencia. La amplitud A_i en el punto de funcionamiento es mayor que la amplitud mínima para la curva característica de amplitud.

15 Para la función adecuada de un marcador AM desactivable, se usa preferentemente una tira de polarización magnética semidura. Esta tira está magnetizada a lo largo de la dirección longitudinal, para proporcionar un campo magnético de CC de la intensidad deseada a la tira activa. Para desactivar el marcador, el campo de polarización debe cambiarse para lograr un desplazamiento de frecuencia adecuado. Esto se puede lograr mediante diversos métodos, incluida la desmagnetización de CA o la magnetización contactando un imán con patrón. La diferencia en la frecuencia de resonancia en el campo de polarización de CC del punto de funcionamiento y la frecuencia de resonancia en el campo de polarización de CC después de la desactivación (el desplazamiento de frecuencia de desactivación, "DFS") debe ser preferentemente mayor que un mínimo seleccionado deseado para evitar la detección involuntaria por parte del pedestal receptor 116. Como se puede ver a partir de la ec. 1 anterior, la relación de frecuencia/campo de polarización puede determinarse mediante al menos tres parámetros, incluso si el Módulo y la densidad de Young permanecen relativamente constantes entre las diferentes composiciones. El perfil de frecuencia del resonador debe comportarse de manera similar siempre que la cantidad $C = \lambda^2 / (M_s H_k^3)$ permanezca relativamente constante.

25 La anisotropía (H_k) tiene el efecto más potente ya que es cúbica. C también se verá afectado por λ y M_s . Dependiendo del valor de C, el campo anisótropo puede incluir la contribución de la anisotropía inducida por el campo, así como la anisotropía de la forma.

30 La variación de K_u con el % de Ni a diferentes temperaturas se muestra en la figura 4. H_k es una medida de K_u con contribución de M_s dada por $H_k = 2 K_u / M_s$. K_u maximiza a aproximadamente el 24 % de concentración de níquel. Además, K_u también disminuye con el aumento de la temperatura de recocido. Para un proceso de recocido efectivo de tiempo corto (aproximadamente 1 minuto o menos), la temperatura de recocido se establece por encima de 300 °C y generalmente a aproximadamente 360 °C. En estas condiciones, la K_u máxima alcanzable al 30 % de Ni será aproximadamente de 410 J/m³.

40 Como se muestra en la figura 4, sin embargo, la H_k inducida por el campo de un elemento activo de Fe-Ni depende en gran medida de la concentración de Ni, así como de las condiciones de recocido, específicamente el tiempo y la temperatura del proceso de recocido. A un tiempo de recocido fijo, H_k aumenta inicialmente a medida que la temperatura de recocido disminuye por debajo de la temperatura de Curie del material, alcanza un máximo y luego disminuye a medida que la temperatura de recocido se reduce aún más. Dos factores competitivos, $M_s(T_a)$ - la magnetización de saturación a la temperatura de recocido (T_a) y la movilidad de los átomos en la aleación amorfa crean la temperatura de recocido óptima a la que se maximiza la H_k . A una temperatura de recocido más baja, la magnetización de saturación es más alta, por lo tanto, ofrece un potencial de alcanzar una H_k más alta. Sin embargo, a esa temperatura más baja, es necesario un tiempo de recocido más largo para una reorganización efectiva del material amorfo en una escala microscópica de corto alcance.

50 Por lo tanto, para la composición de Fe-Ni que tiene una concentración de Ni más baja, todavía se puede obtener la H_k deseada bajando la temperatura de recocido y aumentando el tiempo de recocido. Es decir, si se desea una mayor anisotropía inducida por campo, se puede usar el recocido con una temperatura de recocido relativamente más baja y un tiempo de recocido más largo.

55 La magnetización de saturación es otro parámetro importante. Está directamente relacionada con la intensidad de la señal magnética. También juega un papel en la formación de la relación de frecuencia de resonancia y polarización magnética de CC, como se muestra en la ec. 1. La figura 5 muestra la relación de cómo la magnetización de saturación a temperatura ambiente varía con el porcentaje de concentración de níquel. Es independiente de las condiciones de procesamiento/recocido, y disminuye monotónicamente con el porcentaje de concentración de níquel. El campo anisótropo (H_k) en esta situación puede determinarse por la siguiente relación:

$$60 \quad H_k = 2 * K_u / M_s \quad (2)$$

65 La constante magnetoestrictiva (λ_s) de las aleaciones amorfas también depende del porcentaje de concentración atómica de Ni como se muestra en la figura 6. La constante magnetoestrictiva se reduce linealmente al aumentar el % de Ni de aproximadamente 32 ppm al 0 % de Ni a aproximadamente 5 ppm al 60 % de concentración de Ni. [0031] Basándose en la información anterior, se tiene información magnética/mecánica requerida para modelizar la resonancia magnetomecánica con una serie de aleaciones amorfas de Fe-Ni-M. Se modelizó una composición de

muestra que comprende Fe55-Ni25-B20. Los parámetros relacionados con el perfil de resonancia para el elemento activo usado en este ejemplo se enumeran en la tabla 1 a continuación:

Tabla 1: parámetros magnéticos/mecánicos del modelo de composición (1 Oe = 1000/4π A.m⁻¹; 1 kG = 0,1T):.

H _k (Oe)	λ _s (ppm)	M _s (kG)	(G Pa)	ρ(g/cc)
13,75	21	13,1	162	7,76

5 Con los parámetros de material enumerados en la tabla 1, se determinó que se podía alcanzar un valor de C similar a los elementos activos existentes con un valor de H_k de aproximadamente 1010,6 Am⁻¹ (12,7 Oe) en condiciones de recocido adecuadas. La figura 7 muestra los resultados simulados en la frecuencia de resonancia en comparación con los elementos activos existentes para los marcadores EAS. Como se muestra en la figura 7, la dependencia de la frecuencia en el campo de polarización de CC está muy cerca de los elementos existentes hasta 10 aproximadamente 716,2 Am⁻¹ (9 Oe). Además, dado que la magnetización de saturación (M_s) es mucho mayor, se espera que la magnitud de la señal resonante sea mayor.

15 También hay otras posibles variaciones de composición que pueden mejorar aún más la intensidad del campo para inducir la anisotropía. Además de afectar a la naturaleza vítrea del material, un cambio en el porcentaje de contenido de Si, B, C y/o P podría aumentar la temperatura de Curie del material, lo que puede aumentar la H_k inducida.

Otra modificación potencial de la composición para mejorar la intensidad de la anisotropía inducida por el campo es la adición de niveles bajos de Mn (o, Sn, Cu, Ge, Nb, Mo y/o Cr). Otro enfoque es reducir la magnetostricción (λ) añadiendo trazas de elementos, tales como cromo (Cr), niobio (Nb), mischmetal de tierras raras - mezcla de elementos). El efecto de añadir Mn, Cr o Mo puede ser reducir λ_s, reducir J_s o reducir H_k. Mn aumenta el efecto de fluencia, mientras que Cr lo reduce; y Mo tiene un efecto de fluencia positivo

20 La tabla 2, a continuación, muestra datos para películas delgadas de aleación de Fe-Mn-B depositadas por pulverización iónica que indican un aumento significativo (238,7 Am⁻¹ a 318,3 Am⁻¹ (3 a 4 Oe)) en H_k para una pequeña cantidad (0,5 %) de Mn adiciones a Fe-B. Este aumento es mucho mayor que el obtenido por las adiciones de Ni a Fe-B, que normalmente son inferiores a 79,6 Am⁻¹ (1 Oe) por cada % atómico de Ni añadido. Para reducir aún más el coste de los materiales de la aleación, se podrían incluir pequeñas cantidades de Mn en combinación con cantidades reducidas de Ni.

Tabla 2: anisotropía inducida por campo de aleaciones de FeMnB depositadas por pulverización iónica (1 Oe = 1000/4π A.m⁻¹).

% de Fe	% de B	% de Mn	H _k
80	20	0	11,76
79,5	20	0,5	15,35
73	27	0	10,57
72,5	27	0,5	14,53

35 Se prepararon y ensayaron varias muestras para demostrar la invención. Estas muestras se enumeran a continuación en la tabla 3:

Tabla 3: composiciones de muestra; las muestras 2 y 4-8 están fuera del alcance de la invención.

Muestra	Composición (% atómico)	Densidad (g/cc)	J _s (T)	λ _s (ppm)
1	58Fc-24Ni-1Si-17B	7,54	1,38	30,3
2	52Fe-30Ni-1Si-17B	7,60	1,28	26,7
3	54Fe-24Ni-1Si-21B	7,50	1,26	24,2
4	48Fe-30Ni-1Si-17B	7,57	1,14	20,5
5	53Fe-27Ni-1Si-19B	7,55	1,26	24,4
6	52Fe-27Ni-1Mn-1Si-19B	7,55	1,23	23,9
7	51Fe-27Ni-2Cr-1Si-19B	7,54	1,13	20,6
8	51Fe-27Ni-2Mo-1Si-19B	7,62	1,11	19,2

40 Estas muestras se recoció por lotes, lo cual tiene un coste mucho más bajo que el recocido de bobina a bobina. Las muestras también se sometieron a un campo magnético transversal durante el recocido. Para diferentes temperaturas de recocido, se usaron diferentes tiempos de homogeneización. Para 200 °C, el tiempo de homogeneización fue de 2,5 días. A 250 °C, el tiempo de homogeneización fue de al menos 7 horas. Para 300 y 350 °C el tiempo de homogeneización fue de 10 minutos o más. La H_k resultante para cada muestra a cada temperatura de recocido se muestra en la tabla 4 a continuación; las muestras 2 y 4-8 están fuera del alcance de la invención.

45

Tabla 4: valores de H_k a cada temperatura de recocido ($1 \text{ Oe} = 1000/4\pi \text{ A.m}^{-1}$)

Nº de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
200 °C	12,8	13,7	9,9	9,8	11,7	10,5	9,7	9,6
250 °C	13,3	14,4	10,5	10,9	12,0	11,3	9,6	9,2
300 °C	12,7	13,5	10,4	9,9	11,8	10,5	8,5	8,3
350 °C	11,9	12,4	10,0	9,1	11,0	9,6	7,5	6,3

5 El rendimiento de resonancia de la muestra N° dos, recocida por lotes en presencia de un campo magnético transversal a 250 °C durante aproximadamente una hora se muestra en la figura 8. Como se puede ver a partir de la figura 8 y la información anterior, un elemento activo con parámetros que produciría un rendimiento a la par con el elemento resonador EAS existente que se puede lograr en una composición que tiene Fe en el intervalo del 40-70 por ciento atómico, Ni en un intervalo del 10 a menos del 25 por ciento atómico, y los elementos restantes en un intervalo del 10 -50 por ciento atómico se recuece por lotes en presencia de un campo magnético transversal a una temperatura inferior a 300 °C y durante un tiempo superior a al menos una hora.

REIVINDICACIONES

1. Un marcador (100) para uso en un sistema magnetomecánico de vigilancia electrónica de artículos (EAS), que comprende:

5 un elemento resonador activo magnetomecánico (104) formado por una tira plana de aleación magnetoestrictiva amorfa que tiene la composición $Fe_aNi_bM_c$ en donde $a+b+c = 100$, en donde a está en un intervalo del 40-70 por ciento atómico, b está en un intervalo del 10 a menos del 25 por ciento atómico, y c está en un intervalo del 10-50 por ciento atómico, y donde M es el resto compensador de los elementos restantes; en donde M comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en Si, B, C y P;

10 un elemento de polarización (108) ubicado adyacente a dicho elemento resonador;

una carcasa configurada para contener dicho elemento resonador activo (104) y dicho elemento de polarización (108); y

15 en donde dicho elemento resonador magnetomecánico activo (104) se somete a recocido por lotes en presencia de un campo magnético que es sustancialmente transversal al plano de dicho elemento y a una temperatura de menos de 300 °C en un tiempo de más de una hora; en donde

20 la pendiente de frecuencia del elemento resonador activo (104) en $Hz/A.m^{-1}$ en el punto de funcionamiento es menor que la pendiente máxima para la curva característica de frecuencia; en donde una amplitud A1 en el punto de funcionamiento es mayor que la amplitud mínima para la curva característica de amplitud.

2. El marcador de la reivindicación 1, en donde M es uno o más seleccionados del grupo que consiste en Co, Si, B, C, P, Sn, Cu, Ge, Nb, Mo, Cr y Mn.

3. El marcador de la reivindicación 1, en donde M es del 15 al 30 por ciento atómico.

4. El marcador de la reivindicación 1, en donde M comprende uno o más primeros elementos seleccionados del grupo que consiste en Si, B, C y P para afectar a la naturaleza vítrea de dicho elemento activo; y uno o más segundos elementos seleccionados del grupo que consiste en Sn, Cu, Ge, Nb, Mo, Cr, Mn y mischmetal para afectar a las propiedades magnéticas de dicho elemento resonador activo (104).

5. El marcador de la reivindicación 4, en donde dicho primer elemento comprende del 15 al 30 por ciento atómico de dicho elemento resonador activo (104), y dicho segundo elemento comprende del 0 al 10 por ciento atómico de dicho elemento resonador activo (104).

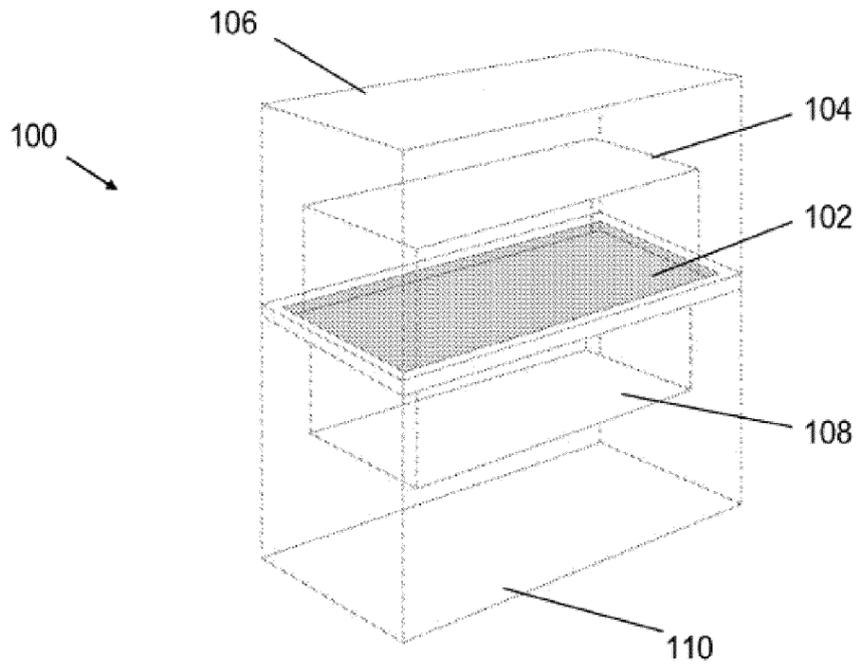


Figura 1(a)

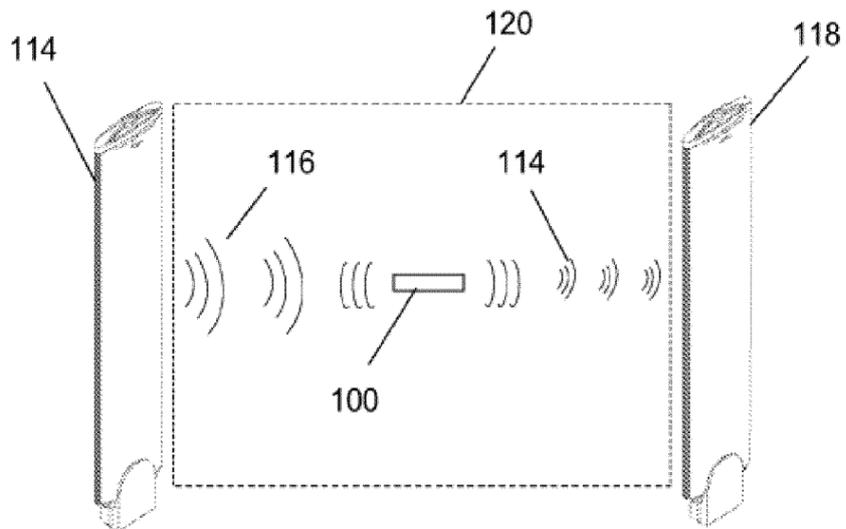


Figura 1(b)

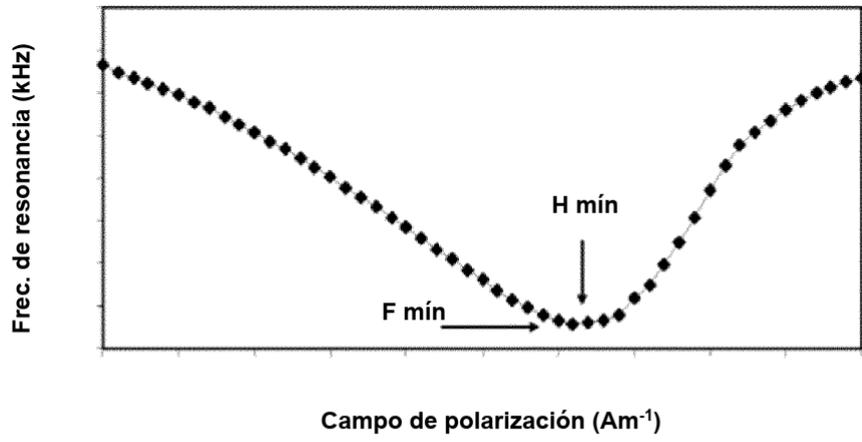


Figura 2

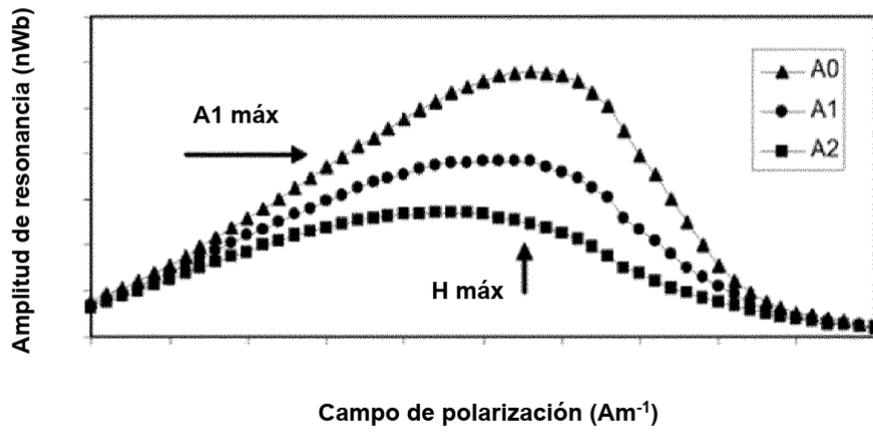


Figura 3

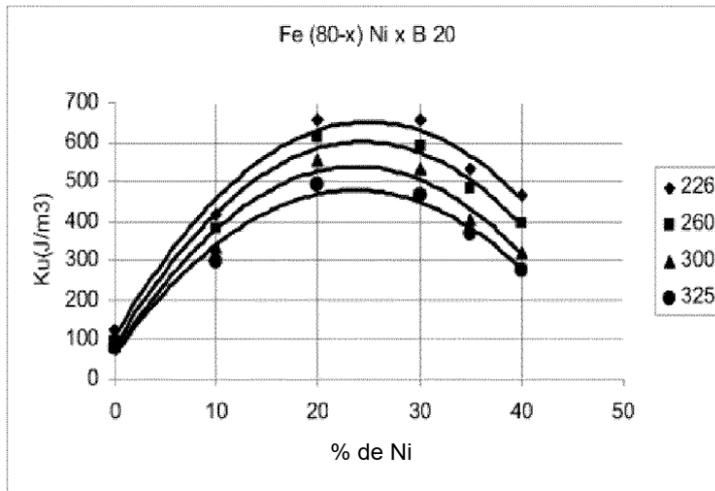


Figura 4

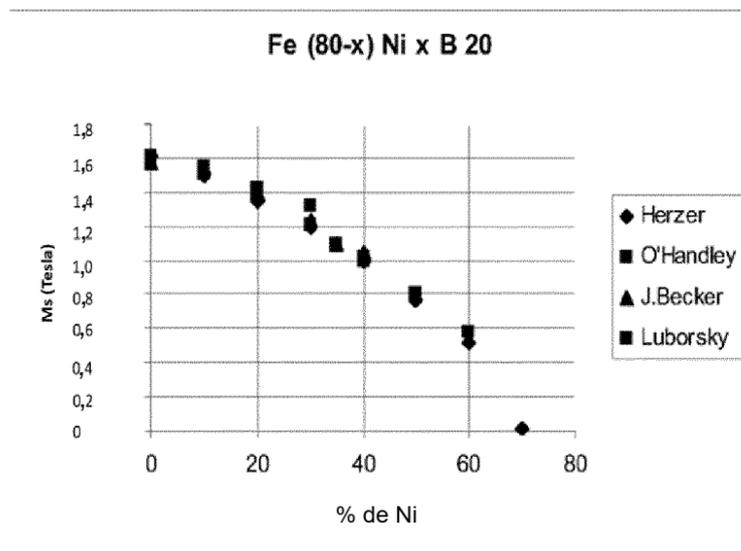


Figura 5

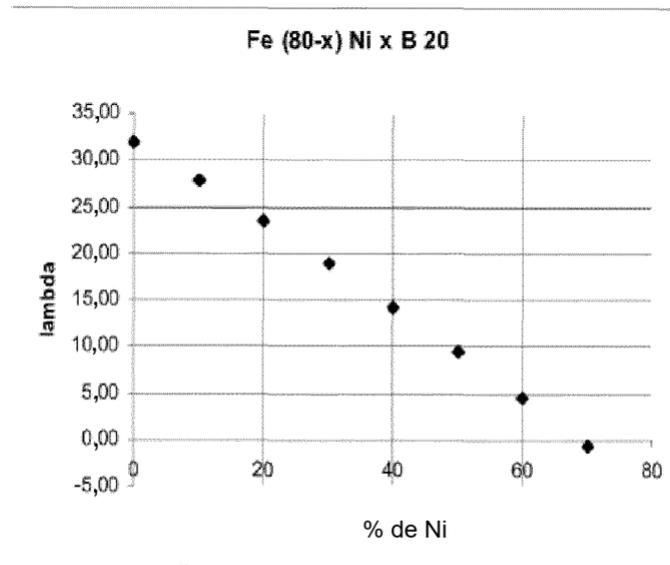


Figura 6

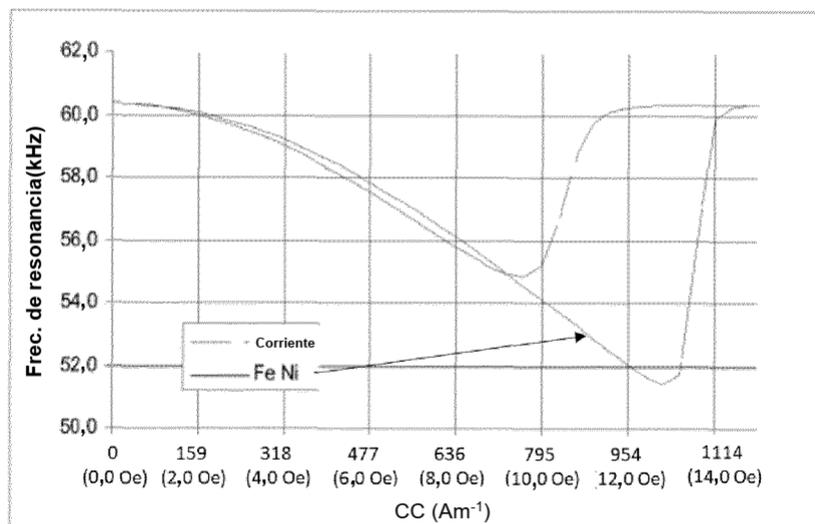


Figura 7

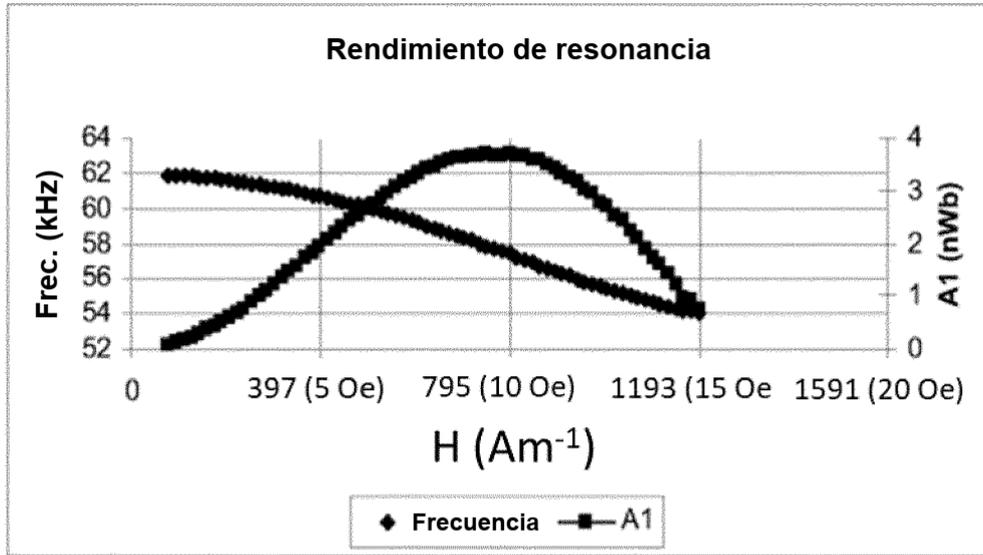


Figura 8