

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 399**

51 Int. Cl.:  
**G06K 7/08** (2006.01)  
**G06K 19/06** (2006.01)  
**G08B 13/14** (2006.01)  
**H01F 1/153** (2006.01)  
**H01F 41/02** (2006.01)  
**G08B 13/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06748999 .7**  
96 Fecha de presentación: **31.03.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1872343**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2008**

54 Título: **Marcador para un sistema de identificación electrónica de artículos codificados**

30 Prioridad:  
**01.04.2005 US 95611**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.05.2012**

73 Titular/es:  
**METGLAS, INC.  
440 ALLIED DRIVE  
CONWAY, SC 29528, US**

72 Inventor/es:  
**HASEGAWA, Ryusuke;  
WEBB, John, P.;  
CHESNUT, Auburn, A.;  
HILL, Larry y  
MARTIS, Ronald, J.**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 381 399 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

Marcador para un sistema de identificación electrónica de artículos codificados

Antecedentes de la invención

### 1. Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con una cinta de aleación ferromagnética amorfa y con un marcador para ser utilizados en un sistema de vigilancia electrónica de artículos, incluyendo dicho marcador una o una pluralidad de tiras rectangulares fabricadas con un material magnetoestrictivo amorfo que vibra mecánicamente en un campo magnético alternante a múltiples frecuencias de resonancia, lo que permite que se pueda utilizar de forma efectiva el efecto magnetomecánico del marcador. La presente invención se dirige asimismo a un sistema de vigilancia electrónica que utiliza un marcador de este tipo.

### 2. Antecedentes de la invención

15 La magnetoestricción de un material magnético es un fenómeno en el que, al aplicar un campo magnético externo al material magnético, se produce una variación en sus dimensiones. Cuando la variación dimensional consiste en que el material se alarga al ser magnetizado, dicho material recibe el nombre de "magnetoestrictivo-positivo". Cuando un material es "magnetoestrictivo-negativo", el material se contrae al ser magnetizado. Así pues, en ambos casos un material magnético vibra cuando se encuentra en un campo magnético alternante. Cuando se aplica un campo magnético estático al mismo tiempo que el campo alternante, la frecuencia de la vibración mecánica del material magnético varía en función del campo estático aplicado mediante acoplamiento magnetoelástico. Esto se conoce generalmente como efecto  $\Delta E$ , que se describe, por ejemplo, en "Physics of Magnetism" (Física del magnetismo), de S. Chikazumi (John Wiley & Sons, Nueva York, 1964, página 435). En este documento,  $E(H)$  representa el módulo de Young, que es una función de un campo  $H$  aplicado, y la frecuencia de vibración o resonancia del material,  $f_r$ , está relacionada con  $E(H)$  mediante

$$f_r = (1/2l)[E(H)/\rho]^{1/2} \quad (1)$$

25 donde  $l$  es la longitud del material y  $\rho$  es la densidad de masa del material. El efecto magnetoelástico o magnetomecánico descrito más arriba se utiliza en sistemas de vigilancia electrónica de artículos que se divulgaron por primera vez en las Patentes de los Estados Unidos núms. 4.510.489 y 4.510.490 (de aquí en adelante las patentes '489 y '490). Dichos sistemas de vigilancia son sistemas ventajosos en el sentido de que ofrecen una combinación de alta sensibilidad para la detección, alta fiabilidad operativa y bajo coste operativo.

30 En dichos sistemas el marcador es una tira, o una pluralidad de tiras, de longitud conocida, de un material ferromagnético empaquetadas con un ferroimán magnéticamente más duro (material con una mayor coercitividad) que proporciona un campo estático, denominado campo de polarización, con el fin de establecer un acoplamiento magnetomecánico máximo. El material del marcador ferromagnético es, preferiblemente, una cinta de una aleación amorfa, debido a que la eficiencia del acoplamiento magnetomecánico en las aleaciones es muy alta. La frecuencia de resonancia mecánica,  $f_r$ , está determinada esencialmente por la longitud de la cinta de aleación y la potencia del campo de polarización, como muestra la Ecuación (1) anterior. Cuando en un sistema de identificación electrónica se encuentra una señal de interrogación sintonizada con la frecuencia de resonancia, el material del marcador responde con un campo de señal amplio que es detectado por un receptor del sistema.

40 En la Patente de los Estados Unidos núm. 4.510.490 se consideraron diversos materiales ferromagnéticos amorfos para los sistemas de identificación codificados basados en resonancia magnetomecánica descritos más arriba, y se incluyeron aleaciones amorfas de Fe-Ni-Mo-B, Fe-Co-B-Si, Fe-B-Si-C y Fe-B-Si. De dichas aleaciones, se utilizó ampliamente una aleación amorfa METGLAS®2826MB de venta en el mercado basada en Fe-Ni-Mo-B hasta que se produjo un disparo accidental, por parte de un marcador de resonancia magnetomecánica, de otros sistemas basados en la generación/detección de armónicos magnéticos. Esto sucedió porque un marcador de resonancia magnetomecánica utilizado en aquella ocasión mostraba en determinadas circunstancias características BH no lineales, lo que daba lugar a la generación de armónicos más altos de la frecuencia de campo de excitación. Para evitar este problema, denominado en ocasiones "problema de contaminación" del sistema, se han inventado una serie de nuevos materiales para marcadores, algunos ejemplos de los cuales se divulgan en las Patentes de los Estados Unidos núms. 5.495.231, 5.539.380, 5.628.840, 5.650.023, 6.093.261 y 6.187.112. Aunque los nuevos materiales para marcadores se comportan, en promedio, mejor que los materiales utilizados en los sistemas de vigilancia de las patentes originales '489 y '490, se ha descubierto un comportamiento magnetomecánico algo mejor en los materiales para marcadores divulgados, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos núm. 6.299.702 (de aquí en adelante patente '702). Estos nuevos materiales para marcadores requieren procesos de tratamiento térmico complejos para alcanzar propiedades magnetomecánicas como las divulgadas, por ejemplo, en la patente '702. Claramente, se necesita un nuevo material para marcadores magnetomecánicos que no requiera unos procesos posteriores de fabricación de la cinta tan complicados, y uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un material para marcadores con alto rendimiento magnetomecánico que no ocasione el "problema de

contaminación" mencionado más arriba. Utilizando totalmente el nuevo material para marcadores magnetomecánicos de la presente invención, la presente invención incluye un marcador con capacidad de codificación y descodificación, y un sistema de identificación electrónica que utiliza dicho marcador. En la Patente de los Estados Unidos núm. 4.510.490 se divulgó un sistema de vigilancia codificado que dispone de un marcador magnetomecánico, pero el número de tiras constituyentes del marcador era limitado debido que el espacio disponible en un marcador era limitado, limitando de este modo el universo de la capacidad de codificación y descodificación al utilizar dicho marcador.

La Patente de los Estados Unidos núm. 6.359.563 (WO 2000/048152) describe un enfoque diferente para lograr la resonancia magnetomecánica optando en términos generales por una composición de la aleación con un alto contenido de Co, haciendo por lo tanto que este tipo de marcador resulte caro.

Claramente, se necesita un marcador en el que se incremente considerablemente el número de tiras del marcador sin sacrificar el rendimiento como marcador codificado en un sistema de identificación electrónica de artículos con capacidad de codificación y descodificación, denominado de aquí en adelante "sistema de identificación electrónica de artículos codificados".

### Resumen de la invención

De acuerdo con la invención, se incluye un material magnético blando en un marcador de un sistema de vigilancia electrónica basado en resonancia magnetomecánica.

A partir de una cinta de aleación amorfa se fabrica un material marcador con propiedades globales de resonancia magnetomecánica mejoradas, de modo que en un marcador codificado se alojen múltiples tiras de marcador. Sobre un sustrato en rotación se moldea un material magnético blando en forma de cinta con capacidad de resonancia magnetomecánica, tal como se divulga en la Patente de los Estados Unidos núm. 4.142.571. Cuando la anchura de la cinta tal como se ha moldeado es mayor que la anchura predeterminada para un material marcador, dicha cinta se corta en tiras con la anchura predeterminada. La cinta procesada de este modo se corta en tiras de metal amorfo dúctiles y rectangulares que tienen unas longitudes predeterminadas, para fabricar un marcador de resonancia magnetomecánica utilizando una pluralidad de dichas tiras con al menos una tira de imán semiduro que proporciona un campo magnético de polarización estático.

Un sistema de vigilancia electrónica de artículos codificados utiliza un marcador codificado de la presente invención, El sistema dispone de una zona de interrogación en la que un marcador magnetomecánico de la presente invención es sometido a un campo magnético de interrogación con frecuencias variables, siendo detectada la señal de respuesta a la excitación provocada por el campo magnético de interrogación mediante un receptor que dispone de un par de bobinas de antena situadas en la zona de interrogación de artículos.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, se proporciona un marcador codificado de un sistema de vigilancia electrónica de artículos mediante resonancia magnetomecánica, adaptado para resonar mecánicamente a frecuencias preseleccionadas, que comprende: una pluralidad de tiras magnetostrictivas dúctiles cortadas con longitudes predeterminadas a partir de cintas de aleación ferromagnética amorfa curvadas siguiendo la dirección de la dimensión longitudinal de la cinta, que bajo excitaciones de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático presentan resonancia magnetomecánica, teniendo dichas cintas una dirección de anisotropía magnética perpendicular a un eje de la cinta, en donde al menos dos de dichas tiras están adaptadas para ser polarizadas magnéticamente para resonar a una sola frecuencia diferente entre las preseleccionadas.

En aquellos casos en que se seleccionan, uno de los radios de curvatura de las tiras de marcador es menor que 100 cm.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, la codificación se realiza cortando una cinta de aleación magnetostrictiva amorfa cuya dirección de anisotropía magnética es perpendicular al eje de la cinta en una tira rectangular con una longitud predeterminada que tiene una relación longitud-anchura mayor que 3.

En aquellos casos en que se seleccionan, las tiras tienen una anchura de tira que varía desde aproximadamente 3 mm hasta aproximadamente 15 mm.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, las tiras tienen una pendiente de frecuencia de resonancia respecto al campo de polarización que varía desde aproximadamente 4 Hz/(A/m) hasta aproximadamente 14 Hz/(A/m).

En aquellos casos en que se seleccionan, las tiras tienen una longitud mayor que aproximadamente 18 mm cuando la anchura de una tira es de 6 mm.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, las tiras tienen una frecuencia de resonancia magnetomecánica menor que aproximadamente 120.000 Hz.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, las cintas de aleación ferromagnética amorfa tienen una magnetoestricción de saturación entre aproximadamente 8 ppm y aproximadamente 18 ppm y una inducción de saturación entre aproximadamente 0,7 teslas y aproximadamente 1,1 teslas.

5 De acuerdo con un modo de realización de la invención, una aleación ferromagnética amorfa de las cintas de aleación ferromagnética amorfa tiene una composición basada en  $Fe_a-Ni_b-Mo_c-B_d$ , con  $30 \leq a \leq 43$ ,  $35 \leq b \leq 48$ ,  $0 \leq c \leq 5$ ,  $14 \leq d \leq 20$  y  $a+b+c+d=100$ , pudiendo ser reemplazado opcionalmente hasta un 3% de átomos de Mo por Co, Cr, Mn y/o Nb, y pudiendo ser reemplazado opcionalmente hasta un 1% de átomos de B por Si y/o C.

10 De acuerdo con un modo de realización de la invención, una aleación ferromagnética amorfa de las cintas de aleación ferromagnética amorfa tiene una composición de una entre las siguientes:  $Fe_{40,6} Ni_{40,1} Mo_{3,7} B_{15,1} Si_{0,5}$ ,  $Fe_{41,5} Ni_{38,9} Mo_{4,1} B_{15,5}$ ,  $Fe_{41,7} Ni_{39,4} Mo_{3,1} B_{15,8}$ ,  $Fe_{40,2} Ni_{39,0} Mo_{3,6} B_{16,6} Si_{0,6}$ ,  $Fe_{39,8} Ni_{39,2} Mo_{3,1} B_{17,6} Co_{0,3}$ ,  $Fe_{36,9} Ni_{41,3} Mo_{4,1} B_{17,8}$ ,  $Fe_{35,3} Ni_{42,6} Mo_{4,0} B_{17,9}$ ,  $Fe_{40} Ni_{38} Mo_4 B_{18}$ , ó  $Fe_{38,0} Ni_{38,8} Mo_{3,9} B_{19,3}$ .

En los casos en que se selecciona, el marcador codificado comprende al menos dos tiras de marcador con la misma longitud.

15 En los casos en que se selecciona, el marcador codificado comprende cinco tiras de marcador con la misma longitud.

En los casos en que se selecciona, el marcador codificado tiene una frecuencia de resonancia magnetomecánica entre aproximadamente 30.000 y aproximadamente 130.000 Hz.

20 En los casos en que se selecciona, el marcador codificado tiene un universo de identificación electrónica que contiene hasta aproximadamente 1800 y aproximadamente 115 millones de artículos individualmente identificables para un marcador codificado con dos y cinco tiras de marcador, respectivamente.

En los casos en que se selecciona, el marcador codificado tiene un universo de identificación electrónica que contiene más de 115 millones de artículos individualmente identificables.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, las tiras tienen una frecuencia de resonancia magnetomecánica menor que aproximadamente 120.000 Hz.

25 De acuerdo con un modo de realización de la invención, un sistema de vigilancia electrónica de artículos tiene una capacidad para descodificar la información codificada de un marcador codificado. El sistema comprende uno de los siguientes elementos: un par de bobinas que emiten un campo de excitación AC dirigido hacia el marcador codificado para crear una zona de interrogación; un par de bobinas de detección de señal que reciben información codificada desde el marcador codificado; un dispositivo electrónico procesador de señales que dispone de un ordenador electrónico dotado de un software para descodificar la información codificada en el marcador codificado; o un dispositivo electrónico que identifica el marcador codificado, en donde el marcador codificado está adaptado para resonar mecánicamente a frecuencias preseleccionadas, en donde el marcador codificado comprende una pluralidad de tiras magnetostrictivas dúctiles cortadas con longitudes predeterminadas a partir de cintas de una aleación ferromagnética amorfa curvadas siguiendo la dirección de la dimensión longitudinal de la cinta, que bajo excitaciones de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático presentan resonancia magnetomecánica, teniendo dichas tiras una dirección de anisotropía magnética perpendicular a un eje de la cinta, en donde al menos dos de dichas tiras están adaptadas para ser polarizadas magnéticamente para resonar a una sola frecuencia diferente entre las preseleccionadas.

40 En los casos en que se selecciona, uno de los radios de curvatura de las tiras de marcador se encuentra entre aproximadamente 20 cm y aproximadamente 100 cm.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá de forma más completa y algunas ventajas adicionales resultarán evidentes cuando se haga referencia a la siguiente descripción detallada de los modos de realización preferidos y los dibujos que la acompañan, en los que:

45 La Fig. 1A ilustra una vista de perfil de una tira cortada a partir de una cinta de aleación amorfa de acuerdo con un modo de realización de la presente invención, que tiene un imán de polarización, y la Fig. 1B ilustra una vista de una tira convencional con un imán de polarización;

50 la Fig. 2 ilustra las características de resonancia magnetomecánica de un marcador con una sola tira de acuerdo con un modo de realización de la presente invención y las características de resonancia magnetomecánica de un marcador con una sola tira convencional, mostrando la frecuencia de resonancia como una función del campo de polarización;

la Fig. 3 ilustra las señales de resonancia de un marcador con una sola tira de acuerdo con un modo de realización

de la presente invención y las señales de resonancia de un marcador con una tira convencional, mostrando las amplitudes de las señales de resonancia como una función de un campo de polarización;

la Fig. 4 muestra un ciclo BH obtenido a 60 Hz de una tira de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención que tiene una longitud de aproximadamente 38 mm, una anchura de aproximadamente 6 mm y un espesor de aproximadamente 28  $\mu\text{m}$ ;

la Fig. 5A ilustra un marcador de resonancia magnetomecánica correspondiente a un modo de realización de la presente invención con una tira de marcador de la Fig. 1A, y la Fig. 5B ilustra un marcador convencional con la tira de la Fig. 1B;

las Fig. 6A-1 y 6A-2 ilustran una comparación de marcadores de resonancia magnetomecánica con dos tiras de un modo de realización de la presente invención, y las Fig. 6B-1 y 6B-2 ilustran las características de resonancia magnetomecánica de un marcador convencional con dos tiras;

la Fig. 7 ilustra las características de resonancia magnetomecánica de un modo de realización de la presente invención;

la Fig. 8 ilustra la atenuación de la señal de resonancia magnetomecánica de un marcador con dos tiras correspondiente a un modo de realización de la presente invención y de un marcador convencional con dos tiras;

la Fig. 9 ilustra un marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención, en el que se han alojado tres tiras de longitudes diferentes, mostrando una frecuencia de resonancia y unas señales de respuesta como una función del campo de polarización;

la Fig. 10 ilustra amplitudes de resonancia, amplitudes,  $V_{0\text{max}}$  y  $V_{1\text{max}}$  como una función del número de tiras del marcador; y

la Fig. 11 ilustra la utilización del marcador de la Fig. 5A o de la Fig. 6A-1 en un sistema de identificación y vigilancia electrónica de artículos de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

#### Descripción detallada de los modos de realización preferidos

Se fabrica un material para marcadores con propiedades de resonancia magnetomecánica globales mejoradas a partir de una cinta de aleación ferromagnética amorfa de modo que se puedan alojar un cierto número de cintas de marcador en un marcador codificado, en donde al menos una de las tiras está adaptada para ser polarizada magnéticamente con el fin de resonar mecánicamente a una única frecuencia diferente entre una pluralidad de frecuencias preseleccionadas. Sobre un sustrato en rotación se moldea un material magnético en forma de cinta con una capacidad de resonancia magnetomecánica, tal como se divulga en la Patente de los Estados Unidos núm. 4.142.571. Cuando la anchura de la cinta tal como se ha moldeado es mayor que la anchura predeterminada para un material de marcador, dicha cinta se corta en tiras a la anchura predeterminada. La cinta procesada de este modo se corta en tiras de metal amorfo dúctiles y rectangulares con unas longitudes predeterminadas, para fabricar un marcador de resonancia magnetomecánica utilizando una pluralidad de dichas tiras con al menos una tira de imán semiduro que proporciona un campo magnético de polarización estático.

En un modo de realización de la presente invención, la aleación ferromagnética amorfa utilizada para formar una cinta para la tira de marcador tiene una composición basada en  $\text{Fe}_a\text{-Ni}_b\text{-Mo}_c\text{-B}_d$ , con  $30 \leq a \leq 43$ ,  $35 \leq b \leq 48$ ,  $0 \leq c \leq 5$ ,  $14 \leq d \leq 20$  y  $a+b+c+d=100$ , pudiendo ser reemplazado opcionalmente hasta un 3% de átomos de Mo por Co, Cr, Mn y/o Nb, y pudiendo ser reemplazado opcionalmente hasta un 1% de átomos de B por Si y/o C.

En un modo de realización de la presente invención, la aleación ferromagnética amorfa utilizada para formar una cinta para la tira de marcador tiene una composición entre las siguientes:  $\text{Fe}_{40,6} \text{Ni}_{40,1} \text{Mo}_{3,7} \text{B}_{15,1} \text{Si}_{0,5}$ ,  $\text{Fe}_{41,5} \text{Ni}_{38,9} \text{Mo}_{4,1} \text{B}_{15,5}$ ,  $\text{Fe}_{41,7} \text{Ni}_{39,4} \text{Mo}_{3,1} \text{B}_{15,8}$ ,  $\text{Fe}_{40,2} \text{Ni}_{39,0} \text{Mo}_{3,6} \text{B}_{16,6} \text{Si}_{0,6}$ ,  $\text{Fe}_{39,8} \text{Ni}_{39,2} \text{Mo}_{3,1} \text{B}_{17,6} \text{C}_{0,3}$ ,  $\text{Fe}_{36,9} \text{Ni}_{41,3} \text{Mo}_{4,1} \text{B}_{17,8}$ ,  $\text{Fe}_{35,6} \text{Ni}_{42,6} \text{Mo}_{4,0} \text{B}_{17,9}$ ,  $\text{Fe}_{40} \text{Ni}_{38} \text{Mo}_4 \text{B}_{18}$ , ó,  $\text{Fe}_{38,0} \text{Ni}_{38,8} \text{Mo}_{3,9} \text{B}_{19,3}$ .

Así pues, se moldeó de acuerdo con la invención descrita en la Patente de los Estados Unidos núm. 4.142.571 una cinta de aleación amorfa con una composición química similar a la composición química de una cinta de METGLAS®2826MB magnetoestrictiva amorfa de venta en el mercado. La aleación amorfa moldeada tenía una inducción de saturación de aproximadamente 0.88 teslas y una magnetoestricción de saturación de aproximadamente 12 ppm. La cinta tenía aproximadamente 100 mm y aproximadamente 25 mm de anchura, y su espesor era de aproximadamente 28  $\mu\text{m}$ . A continuación, la cinta se cortó a lo largo en cintas más estrechas con diferentes anchuras. La cinta cortada se cortó a continuación en tiras dúctiles rectangulares cuya longitud variaba desde aproximadamente 15 mm hasta aproximadamente 65 mm. Cada tira tenía una ligera curvatura como consecuencia de la curvatura de la superficie de la rueda de moldear la cinta. Durante el proceso de corte se modificó la curvatura original. La curvatura de un corte y la tira cortada se determinó como se describe en el Ejemplo 1. La Fig. 1A ilustra el aspecto físico de una cinta 10 de marcador correspondiente a un modo de realización de la

presente invención, y la Fig. 1B ilustra el aspecto físico de una tira convencional 20 fabricada de acuerdo con un método de tratamiento térmico complejo divulgado en la Patente de los Estados Unidos núm. 6.299.702. Como se ha indicado, las líneas 11 de flujo magnético se encuentran más próximas en una configuración de tiras de marcador polarizado de resonancia correspondiente a un modo de realización de la presente invención que las líneas 21 de flujo magnético de una tira convencional, como se ilustra en la Fig. 1B. Ello permite un mejor acoplamiento entre una tira 10 de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención y una tira 12 de imán de polarización de la que se consigue mediante una tira convencional 20 y un imán de polarización 22, lo que da como resultado una menor disipación de flujo magnético en los dos extremos de una tira de marcador de resonancia correspondiente a un modo de realización de la presente invención. Cada una de las tiras, la del marcador de resonancia correspondiente a un modo de realización de la presente invención y la tira convencional fueron examinadas para comprobar su comportamiento de resonancia magnetomecánica utilizando un método de caracterización del Ejemplo 2. La Fig. 2 compara la frecuencia de resonancia como una función del campo de polarización para un marcador 330 de una sola tira correspondiente a un modo de realización de la presente invención, y la frecuencia de resonancia de una tira convencional 331. La Fig. 2 indica que la variación de la frecuencia de resonancia como una función del campo de polarización es aproximadamente la misma en ambos casos. Las características de resonancia que ilustra la Fig. 2 son importantes al diseñar un marcador de resonancia con capacidad de desactivación, puesto que la desactivación se consigue mediante un cambio en la frecuencia de resonancia producido al modificar la intensidad del campo de polarización. Durante la desactivación, la pendiente de la frecuencia de resonancia  $f_r$  respecto al campo de polarización  $H_b$ , es decir,  $df_r/dH_b$ , determina la efectividad de la desactivación y, por consiguiente, es un factor importante para una tira de marcador de resonancia efectiva. Cuando se desea una mayor sensibilidad en un sistema de identificación para un marcador en un sistema de identificación electrónica codificado, en general, es preferible una mayor pendiente de la frecuencia de resonancia respecto al campo de polarización.

En la Fig. 3 se ilustra una comparación de la respuesta de resonancia entre los dos casos, donde  $V_0$  es la amplitud de la señal de respuesta cuando se desconecta el campo de excitación, y  $V_1$  es la amplitud de la señal 1 ms después de la extinción del campo de excitación. Claramente, para un mejor rendimiento de un marcador de resonancia es preferible una relación  $V_1/V_0$  mayor. Por consiguiente, en la industria se utilizan las dos amplitudes de señal como parte de los indicadores de calidad de un marcador de resonancia magnetomecánica. La Fig. 3 indica que las amplitudes de la señal,  $V_0$  441 y  $V_1$  442 alcanzan un máximo en campos de polarización de  $H_{b0}=500$  A/m y  $H_{b1}=400$  A/m, respectivamente, para una tira de marcador de resonancia correspondiente a un modo de realización de la presente invención, y  $V_0$  443 y  $V_1$  444 alcanzan un máximo en campos de polarización de  $H_{b0}=460$  A/m y  $H_{b1}=400$  A/m, respectivamente, para una tira de marcador de resonancia convencional. Además, la Fig. 3 indica que la relación  $V_1/V_0$  en esos puntos máximos es mayor para una tira de marcador de resonancia correspondiente a un modo de realización de la presente invención que para una tira de marcador convencional, ilustrando que la retención de la señal de una tira de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención es mejor que en una tira de marcador convencional, mejorándose de este modo la efectividad del presente sistema de identificación electrónica codificado.

La Tabla I resume una comparación de parámetros críticos para el rendimiento de una tira de marcador como resonador magnetomecánico entre tiras de marcador convencionales representativas, y ejemplos tomados de las tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención. Se hace notar que el rendimiento de las tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención se acerca, o es superior, al rendimiento de unas tiras de marcador convencionales. Todas las tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención que se muestran en la Tabla I son aceptables para ser utilizadas como marcadores correspondientes al modo de realización de la presente invención.

En la Tabla I, los voltajes máximos de la señal para  $V_0$  y  $V_1$  medidos para intensidades del campo de polarización  $H_{b0}$  y  $H_{b1}$ , respectivamente, y la pendiente de la frecuencia de resonancia  $df_r/dH_b$ , medida a  $H_{b1}$  para las tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención con una curvatura  $h$  de la tira tal como se define en la Fig. 1, se compararon con las características correspondientes de diez tiras de marcador convencionales elegidas al azar. La longitud  $l$  de las tiras fue de aproximadamente 38 mm y su anchura fue de aproximadamente 6 mm. Para cada tira de marcador se calculó un radio de curvatura en función de  $h$  y  $l$ . La frecuencia de resonancia de cada tira fue de aproximadamente 58 kHz.

Tabla I  
Características de Resonancia Magnetomecánica

Marcador	$V_{0max}$ (mV)	$H_{b0}$ (A/m)	$V_{1max}$ (mV)	$H_{b1}$ (A/m)	$df_r/dH_b$ [Hz/(A/m)]	$h$ (mm)	Radio de curvatura (cm)
Convencional	140~180	440~500	60~102	360~420	5,60~11,5	-	-
Presente invención núm. 1	167	490	97	400	12,0	0,18	100
núm. 2	156	470	86	410	9,50	0,18	100

núm. 3	159	490	84	410	12,5	0,20	90
núm. 4	167	490	94	400	11,8	0,20	90
núm. 5	183	458	110	390	11,8	0,23	78
núm. 6	165	488	94	370	12,5	0,23	78
núm. 7	178	471	106	391	12,3	0,28	65
núm. 8	160	460	92	379	10,8	0,28	65
núm. 9	157	461	87	351	9,10	0,36	50
núm. 10	147	420	76	391	10,3	0,64	28

La Tabla I contiene los datos correspondientes a una anchura de tira de marcador de aproximadamente 6 mm, que es utilizada ampliamente en la actualidad. Un aspecto de la presente invención consiste en proporcionar tiras de marcador con anchuras diferentes de aproximadamente 6 mm. De la misma cinta utilizada en la Tabla I se cortaron tiras de marcador con diferentes anchuras, y se determinaron sus características magnetomecánicas. Los resultados se resumen en la Tabla II. Los voltajes de la señal de resonancia,  $V_{0\max}$  y  $V_{1\max}$ , decrecieron al disminuir la anchura tal como se esperaba. La reducción de los valores del campo característicos,  $H_{b0}$  y  $H_{b1}$ , al disminuir la anchura es debida a los efectos de la desmagnetización. Así pues, de acuerdo con ello se debe seleccionar un imán que induzca un campo de polarización. Un marcador con una anchura menor es adecuado para un área de identificación de artículos más reducida, en tanto que un marcador con una anchura mayor es adecuado para un área de identificación de artículos más amplia puesto que las señales de resonancia producidas por las tiras de marcador más grandes son mayores, como indica la Tabla II. Dado que la frecuencia de resonancia depende fundamentalmente de la longitud de la tira, como indica la Ecuación (1), la variación de la anchura de la tira no afecta a la frecuencia de resonancia del sistema de identificación de artículos utilizado.

La Tabla II muestra las características de resonancia magnetomecánica de algunas tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención con una altura  $h$ , como se define en la Fig. 1A, y con diferentes anchuras de la tira. Las definiciones de  $V_{0\max}$ ,  $H_{b0}$ ,  $V_{1\max}$  y  $df/dH_b$  fueron las mismas que en la Tabla I. La longitud  $l$  de las tiras fue en todos los casos de aproximadamente 38 mm. Para cada tira de marcador se calculó un radio de curvatura en función de  $h$  y  $l$ . La frecuencia de resonancia de cada tira fue de aproximadamente 58 kHz.

Tabla II  
Características de Resonancia Magnetomecánica

Anchura del Marcador (mm)	$V_{0\max}$ (mV)	$H_{b0}$ (A/m)	$V_{1\max}$ (mV)	$H_{b1}$ (A/m)	$df/dH_b$ [Hz/(A/m)]	$h$ (mm)	Radio de Curvatura (cm)
4	107	310	56	330	4,69	0,61	30
5	153	300	76	300	6,05	0,41	44
9	194	500	101	440	4,84	0,81	22
14	321	590	174	511	4,86	0,84	21

Otro aspecto de la presente invención consiste en proporcionar una variedad de marcadores disponibles utilizados en condiciones diferentes. Con este fin, se modificaron las características de resonancia magnetomecánica alterando la composición química de la cinta de aleación magnética amorfa a partir de la que se obtuvieron las tiras del marcador. Las composiciones químicas de las aleaciones examinadas se detallan en la Tabla III, en la que se dan, además, los valores de la inducción y magnetoestricción de saturación de dichas aleaciones. Los resultados de las propiedades de resonancia magnetomecánica de estas aleaciones se dan más abajo en la Tabla IV.

La Tabla III muestra ejemplos de aleaciones amorfas magnetoestrictivas junto con sus composiciones, inducciones de saturación,  $B_s$ , y magnetoestricciones de saturación,  $\lambda_s$ , para marcadores de resonancia magnetomecánica correspondientes a un modo de realización de la presente invención. Los valores de  $B_s$  se determinaron a partir de mediciones del ciclo BH DC descritas en el Ejemplo 3, y los valores de  $\lambda_s$  se calcularon utilizando una fórmula empírica  $\lambda_s = k B_s^2$ , donde  $k = 15,5$  ppm/tesla<sup>2</sup>, de acuerdo con S. Ito y otros, *Applied Physics Letters* (Comunicados de Física Aplicada), vol. 37, p. 665 (1980).

Tabla III  
Aleación Amorfa Magnetoestrictiva

Aleación	Composición química del marcador (números en % de átomos)	Inducción de saturación $B_s$ (teslas)	Magnetoestricción de saturación $\lambda_s$ (ppm)
A	Fe <sub>40,6</sub> Ni <sub>40,1</sub> Mo <sub>3,7</sub> B <sub>15,1</sub> Si <sub>0,5</sub>	0,88	12
B	Fe <sub>41,5</sub> Ni <sub>38,9</sub> Mo <sub>4,1</sub> B <sub>15,5</sub>	0,98	15
C	Fe <sub>41,7</sub> Ni <sub>39,4</sub> Mo <sub>3,1</sub> B <sub>15,8</sub>	1,03	16
D	Fe <sub>40,2</sub> Ni <sub>39,0</sub> Mo <sub>3,6</sub> B <sub>16,6</sub> Si <sub>0,6</sub>	0,93	13,5

E	Fe <sub>39,8</sub> Ni <sub>39,2</sub> Mo <sub>3,1</sub> B <sub>17,6</sub> C <sub>0,3</sub>	0,94	14
F	Fe <sub>36,9</sub> Ni <sub>41,3</sub> Mo <sub>4,1</sub> B <sub>17,8</sub>	0,83	10,5
G	Fe <sub>35,6</sub> Ni <sub>42,6</sub> Mo <sub>4,0</sub> B <sub>17,9</sub>	0,81	10
H	Fe <sub>39,6</sub> Ni <sub>38,3</sub> Mo <sub>4,1</sub> B <sub>18,0</sub>	0,88	12
I	Fe <sub>38,0</sub> Ni <sub>38,8</sub> Mo <sub>3,9</sub> B <sub>19,3</sub>	0,84	11

La Tabla IV muestra las características de resonancia magnetomecánica de tiras de marcador con las diferentes composiciones químicas detalladas en la Tabla III correspondientes a un modo de realización de la presente invención, con una altura de tira  $h$  como se define en la Fig. 1A. Las definiciones de  $V_{0\max}$ ,  $H_{b0}$ ,  $V_{1\max}$  y  $df/dH_b$  fueron las mismas que en la Tabla I. Las longitudes  $l$  de las tiras fueron en todos los casos de aproximadamente 38 mm. Para cada tira de marcador se calculó un radio de curvatura en función de  $h$  y  $l$ . La frecuencia de resonancia de cada tira fue de aproximadamente 58 kHz.

Tabla IV  
Características de Resonancia Magnetomecánica de las Aleaciones de la Tabla III

Aleación	$V_{0\max}$ (mV)	$H_{b0}$ (A/m)	$V_{1\max}$ (mV)	$H_{b1}$ (A/m)	$df/dH_b$ [Hz/(A/m)]	Radio de Curvatura (cm)
A	184	370	94	330	8,10	71
B	174	490	89	348	10,4	36
C	188	471	70	368	13,0	33
D	158	580	83	580	4,85	33
E	160	320	72	300	8,80	25
F	160	341	84	329	7,06	34
G	154	420	94	389	8,51	36
H	171	472	85	351	9,73	27
I	146	352	60	250	13,4	30

Todas las aleaciones amorfas con las diferentes composiciones químicas detalladas en la Tabla III poseen unas características de resonancia magnetomecánica excelentes, como se muestra en la Tabla IV, y por lo tanto son útiles para un sistema de identificación electrónica codificado correspondiente a un modo de realización de la presente invención.

Adicionalmente, las cintas cortadas con una anchura de aproximadamente 6 mm de acuerdo con el Ejemplo 1 fueron cortadas en tiras con diferentes longitudes y se examinaron sus propiedades de resonancia magnetomecánica. Además de las propiedades enumeradas en las Tablas I, II y IV anteriores, se realizó un test complementario para determinar la efectividad de una tira de resonancia magnetomecánica utilizando la fórmula:

$$V(t) = V_0 \exp(-t/\tau), \quad (2)$$

donde  $t$  es el tiempo medido después de la extinción de la excitación del campo AC y  $\tau$  es una constante de tiempo característica del atenuación de la señal de resonancia. Los valores de  $V_{1\max}$  en las Tablas I, II y IV se determinaron a partir de los datos para un valor de  $t = 1$  ms. Los resultados se muestran en la Tabla V, en la que se resumen otros parámetros que caracterizan las propiedades de resonancia para diferentes longitudes de la tira. Se hace notar que  $f_r$  se ajusta bastante bien a la relación establecida por la Ecuación (1) que aparece más arriba. También se hace notar el crecimiento de  $\tau$  con el aumento de la longitud de la tira. Si se pretende que la detección de la señal se retarde, es preferible un valor mayor de la constante de tiempo  $\tau$ . No obstante, cuando en un sistema de identificación electrónica de artículos codificados se barre el campo AC de interrogación, el valor de  $V_0$  tiene más peso que el valor de  $V_1$  en la Tabla I.

Como se muestra en la Tabla V, se determinaron las características de resonancia magnetomecánica para tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención con diferentes longitudes,  $l$ . La anchura y el espesor de cada tira fueron aproximadamente 6 mm y aproximadamente 28  $\mu$ m, respectivamente. La frecuencia de resonancia,  $f_r$ , y la constante de tiempo,  $\tau$ , se han definido en las Ecuaciones (1) y (2), respectivamente. Las definiciones de  $V_{0\max}$ ,  $H_{b0}$ ,  $V_{1\max}$ ,  $H_{b1}$  y  $df/dH_b$  son las mismas que en la Tabla I. La altura del marcador,  $h$ , se define en la Fig. 1, y para cada tira se calculó un radio de curvatura en función de  $h$  y  $l$ .

Tabla V

Longitud de la Tira $l$ (mm)	$f_r$ (Hz)	$V_{0\max}$ (mV)	$H_{b0}$ (A/m)	Constante de Tiempo $\tau$ (ms)	$V_{1\max}$ (mV)	$H_{b1}$ (A/m)	$df/dH_b$ [Hz/(A/m)]	Radio de Curvatura (cm)
18,01	120.772	73	610	0,85	23	520	6,65	26

20,16	108.536	68	550	0,92	25	370	8,07	22
24,99	87.406	94	460	1,16	42	338	6,55	22
30,02	72.284	135	461	1,35	69	342	9,44	36
35,03	61.818	143	387	1,74	79	322	8,73	29
37,95	56.782	160	389	1,86	91	337	7,89	31
41,90	51.336	184	389	2,03	109	350	6,67	43
46,95	45.992	178	330	2,49	116	320	5,21	45
52,12	41.438	197	331	2,69	132	312	5,28	35
56,99	37.900	187	292	3,30	135	291	5,93	37
62,07	34.864	197	293	3,56	148	279	4,94	34

Además de las propiedades magnéticas básicas tales como la inducción magnética y la magnetoestricción de saturación detalladas en la Tabla III requeridas para generar resonancia magnetomecánica en una tira de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención, la dirección de anisotropía magnética, que es la dirección de fácil magnetización en una tira de marcador, debe ser esencialmente perpendicular a la dirección longitudinal de la tira. Este es, ciertamente, el caso, como se indica en la Fig. 4, que representa un ciclo BH obtenido a 60 Hz utilizando un método de medición del Ejemplo 3 sobre una tira de aproximadamente 38 mm de longitud de la Tabla V anterior. El ciclo BH de la Fig. 4 indica que la inducción magnética remanente para H=0, es decir, B(H=0), es próxima a cero, y la permeabilidad definida por B/H en el entorno de H=0 es lineal. La forma del ciclo BH que se muestra en la Fig. 4 es típica del comportamiento BH de una tira magnética en la que la dirección de la anisotropía magnética es, en promedio, perpendicular a la dirección longitudinal de la tira. Una consecuencia del comportamiento de magnetización de una tira de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención que se muestra en la Fig. 4 es la ausencia de generación de armónicos más altos en la tira cuando ésta se sitúa en un campo magnético AC. De este modo se minimiza el "problema de contaminación" del sistema que se menciona en la sección de "Antecedentes de la invención". Para comprobar este punto con más detalle, se comparó una señal armónica alta de la tira de marcador de la Fig. 4 con la de una tira de marcador de un sistema de vigilancia electrónica de artículos sobre la base de la generación/detección de armónicos magnéticos. En la Tabla VI que aparece más abajo se incluyen los resultados de dicha comparación.

Como se muestra en la Tabla VI, se realizó una comparación de una señal de armónicos magnéticos altos entre una tira de marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención y una tira de marcador basada en una aleación de METGLAS®2714A basada en Co que es ampliamente utilizada en un sistema de vigilancia electrónica de artículos sobre la base de un sistema de generación/detección de armónicos magnéticos. El tamaño de las tiras fue el mismo en ambos casos, de aproximadamente 38 mm de longitud y aproximadamente 6 mm de anchura. La frecuencia fundamental de excitación fue de 2,4 kHz y se compararon las vigésimo quintas señales armónicas utilizando un método de detección de señales armónicas del Ejemplo 4.

Tabla VI

Tipo de Marcador	25ª Señal Armónica (mV)
Presente Invención	4
Marcador Armónico	40

Como indica la Tabla VI, una señal armónica despreciablemente pequeña generada por un marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención no hace saltar un sistema de vigilancia electrónica de artículos basado en generación/detección de armónicos magnéticos.

La Fig. 5A ilustra una configuración física de un marcador de resonancia magnetomecánica de la presente invención en el que se utiliza una única tira de marcador de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. Se coloca una tira 31 de marcador de la presente invención en un área hueca 33 en la que el marcador puede vibrar libremente sin estar constreñido físicamente por los materiales no magnéticos 30 y 32 de la carcasa que aloja la tira 31 de marcador. Se fija un imán de polarización 34 a la superficie exterior de la carcasa 32, como indica una flecha. En esta configuración, la interacción magnética fundamental entre una tira 31 de marcador y un imán de polarización 34 es la misma que la que se representa en la Fig. 1A. A modo de comparación, en la Fig. 5B se muestra una configuración de marcador convencional, en la que una tira de marcador 41 de la técnica anterior se aloja en una cavidad 43 entre los elementos 40 y 42, con un imán de polarización 44 fijado a la superficie exterior de la carcasa 42.

Se eligieron al azar dos tiras de marcador de la misma longitud correspondientes a un modo de realización de la presente invención entre un cierto número de tiras como las caracterizadas en las Tablas I, II, IV y V, y se montaron una encima de la otra, y se construyó un marcador tal como se indica mediante la tira 110 y la tira 111 en la Fig. 6A-1. Las dos tiras de marcador con la misma longitud se han alojado en un área hueca entre las carcasas 100 y 101 exteriores no magnéticas. Se ha fijado un imán de polarización 120 a la superficie exterior de la carcasa 101. La Fig. 6A-2 ilustra una vista en perfil de las dos tiras de marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención. Para comparación, en la Fig. 6B-1 se muestra, mediante la tira 210 y la tira 211, la configuración

de un marcador con dos tiras de marcador convencionales, en la que el área superficial disponible para las dos tiras es la misma que la de las dos tiras de la Fig. 5A. En la Fig. 6B-1, los números 200, 201 y 220 corresponden a los elementos 100, 101 y 120 de la Fig. 6A-1, respectivamente. La Fig. 6B-2 ilustra una vista desde un ángulo de las dos tiras convencionales.

5 En la Fig. 7 se compara el comportamiento de resonancia magnetomecánica de un marcador con dos tiras correspondiente a un modo de realización de la presente invención, utilizando  $V_0$  771 y  $V_1$  772, con el comportamiento de resonancia magnetomecánica de un marcador con dos tiras convencionales preparado utilizando  $V_0$  773 y  $V_1$  774. A partir de la Fig. 7 resulta claro que, en conjunto, las amplitudes de las señales de las dos tiras de  
 10 marcador correspondientes a un modo de realización de la presente invención son considerablemente mayores que las amplitudes de las señales conjuntas de las dos tiras de marcador convencionales. En el caso de un marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención ilustrado en la Fig. 5A, la amplitud de la señal  $V_0$  (ilustrada en la Fig. 7) de la tira de mayor longitud correspondiente a un modo de realización de la presente invención es aproximadamente un 280% mayor que su correspondiente valor  $V_0$  para una tira de marcador convencional de mayor longitud. En el caso de la tira más corta, la tira correspondiente a un modo de realización de  
 15 la presente invención genera una amplitud de la señal  $V_1$  un 370% mayor que la amplitud de la señal  $V_1$  de su correspondiente tira de marcador convencional. Un perfil ampliado de la amplitud de resonancia próximo a la frecuencia de resonancia más baja,  $f_r = 38.610$  Hz, que muestra el ancho de la resonancia magnetomecánica, definida como el ancho en frecuencia en el punto en el que la amplitud es  $\frac{1}{2}$  de la amplitud máxima, es aproximadamente de 420 Hz. Para la región de frecuencias de resonancia más altas próxima a  $f_r = 109.070$  Hz, la amplitud de la señal tiene un ancho de frecuencia de aproximadamente 660 Hz. Este ancho de frecuencia,  
 20 denominado de aquí en adelante ancho de línea de resonancia, se utiliza para determinar la separación mínima de frecuencias de resonancia entre las dos frecuencias de resonancia adyacentes de dos tiras de marcador con longitudes ligeramente diferentes.

Otro ejemplo es un marcador correspondiente a un modo de realización de la presente invención que contiene tres  
 25 tiras de marcador con las mismas longitudes, que se escogieron al azar de las Tablas I, II y IV mostradas más arriba. El espacio de la cavidad entre las dos carcasas externas es para dar cabida a las tiras de marcador correspondientes al modo de realización de la presente invención y a un imán de polarización que se fija a la superficie exterior de la carcasa. Las características de resonancia magnetomecánica del marcador con tres tiras con longitudes de aproximadamente 25 mm, aproximadamente 38 mm y aproximadamente 52 mm y una anchura de  
 30 aproximadamente 6 mm. La resonancia mecánica observada es bien definida, con un ancho de línea de resonancia de aproximadamente 400 Hz cerca de la región de frecuencias de resonancia más bajas de aproximadamente 40.000 Hz, y con un ancho de línea de resonancia de aproximadamente 700 Hz cerca de la región de frecuencias de resonancia más altas de aproximadamente 110.000 Hz, lo que indica que la interferencia magnetomecánica entre tiras de marcador con longitudes diferentes en un marcador correspondiente a un modo de realización de la  
 35 presente invención es insignificante, lo que, a su vez, permite apilar más de tres tiras de marcador. La ausencia de interferencia magnetomecánica entre las tiras es evidente, ya que las tres tiras de marcador con longitudes diferentes están en contacto entre sí a lo largo de una línea próxima al centro en la dirección del ancho de las tiras. En forma similar, entre las tiras de las Tablas I, II, IV y V se escogieron cinco tiras con diferentes longitudes de aproximadamente 30 mm, aproximadamente 38 mm, aproximadamente 42 mm, aproximadamente 47 mm y  
 40 aproximadamente 52 mm y con una anchura de aproximadamente 6 mm, y se construyó un marcador. Las características de resonancia de esta marcador con cinco tiras se muestran en la Fig. 10. En la Tabla VII se muestra un resumen de las características de resonancia para marcadores correspondientes a un modo de realización de la presente invención que utilizan tiras de marcador de diferentes longitudes.

45 Como se muestra en la Tabla VII, las señales de resonancia  $V_{0 \max}$  y  $V_{1 \max}$  se localizan a frecuencias de resonancia  $f_r$  respectivas de los marcadores codificados de la presente invención.

Tabla VII

Muestra de Marcador	$V_{0 \max}$ (mV)	$V_{1 \max}$ (mV)	Longitud de la Tira (mm)
Num. 1 (polarización=461 A/m)			
$f_{r1}=51.300$	92	43	42
$f_{r2}=61.250$	104	48	35
Num. 2 (polarización=301 A/m)			
$f_{r1}=38.070$	133	90	57
$f_{r1}=109.070$	55	10	20
Num. 3 (polarización=360 A/m)			
$f_{r1}=109.070$	55	10	20
Num. 3 (polarización=360 A/m)			
$f_{r1}=37.880$	100	57	57

$f_{12}=57.260$	69	24	38
$f_{13}=108.440$	45	3	20
Num. 4 (polarización=420 A/m)			
$f_{11}=46.100$	65	28	47
$f_{12}=57.100$	53	24	38
$f_{13}=72.720$	61	14	30
Num. 5 (polarización=399 A/m)			
$f_{11}=41.590$	92	47	52
$f_{12}=57.070$	75	3	38
$f_{13}=87.060$	59	12	25
Num. 6 (polarización=490 A/m)			
$f_{11}=37.640$	61	20	57
$f_{12}=45.740$	55	12	47
$f_{13}=56.680$	68	21	38
$f_{14}=86.280$	48	4	25
Num. 7 (polarización=550 A/m)			
$f_{11}=41.440$	51	12	52
$f_{12}=45.930$	42	5	47
$f_{13}=51.510$	45	6	42
$f_{14}=56.770$	42	5	38
$f_{15}=72.080$	50	4	30

En la Tabla VII, la anchura y espesor de las tiras de marcador son aproximadamente 6 mm y aproximadamente 28  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Las señales de resonancia  $V_{0\text{max}}$  y  $V_{1\text{max}}$  que se dan en la Tabla VII son suficientemente significativas para ser detectadas en un sistema de identificación electrónica de artículos de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención. Los datos de la Tabla V inducen a establecer una relación entre la frecuencia de resonancia,  $f_r$ , y la longitud de la tira, que se expresa mediante

$$f_r = 2,1906 \times 10^6 / l \text{ (Hz)},$$

donde  $l$  es la longitud de la tira en mm. Utilizando esta relación, que es coherente con la Ecuación (1), la variación de la frecuencia de resonancia debida a la tolerancia en el corte de la cinta a una longitud preestablecida se determina como sigue. De la relación entre  $f_r$  y  $l$  que se indica más arriba se deduce que  $\Delta f_r / \Delta l = -2,906 \times 10^6 / 2l^2$ , donde  $\Delta f_r$  es un cambio en la frecuencia de resonancia debido a la variación de la longitud de la tira,  $\Delta l$ . La tolerancia en el corte de la tira de marcador que se puede conseguir con un cúter de cintas disponible en el mercado se determina comparando la longitud nominal o objetivo de la tira con la longitud real que se indica en la Tabla V. Por ejemplo, la tira que en la Tabla V tiene una longitud de 18,01 mm, tenía una longitud objetivo de tira de 18 mm, lo que da como resultado una tolerancia de corte de 0,01 mm. Haciendo uso de la tolerancia de la máquina de corte obtenida de este modo, se calculó la variación de la frecuencia  $\Delta f_r$  debida a la variación de la longitud de la tira, dando como resultado un rango desde aproximadamente 3 Hz para las tiras más cortas hasta aproximadamente 400 Hz para las tiras más largas. Puesto que el ancho de línea de resonancia para una tira más larga es de aproximadamente 400 Hz, y de aproximadamente 700 Hz para una tira más corta, la separación mínima de frecuencias que se puede discriminar en un sistema de identificación electrónica de artículos de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención se ha determinado como de aproximadamente 800 Hz. Así, para asegurar que no se producen falsas identificaciones, para determinar el número de artículos identificables en un universo seleccionado, se seleccionó una separación de frecuencias de resonancia de 2 kHz, que es más de dos veces la separación mínima de frecuencias de resonancia que se pueden discriminar. La frecuencia de resonancia proporcionada por las tiras de marcador que se relacionan en la Tabla V variaba desde aproximadamente 34.000 Hz hasta aproximadamente 120.000 Hz, abarcando un intervalo de frecuencias de resonancia de aproximadamente 86.000 Hz. Utilizando una separación de frecuencias de resonancia de 2 kHz para que no se produzcan falsas identificaciones, como se ha establecido más arriba, el número de artículos electrónicamente identificables es de 43 cuando un marcador tiene una única tira, cantidad que se incrementa hasta aproximadamente 1800, 74000, 2,96 millones y 115,5 millones en un universo dado cuando en un sistema de identificación electrónica de artículos codificados de acuerdo con la presente invención se utiliza un marcador con dos, tres, cuatro y cinco tiras de marcador, respectivamente, con longitudes diferentes, correspondientes a un modo de realización de la presente invención. El número de artículos identificables o codificados se incrementa, además, añadiendo más tiras de marcador y/o variando el nivel del campo de polarización en un marcador.

El aspecto de amortiguamiento mecánico reducido en un marcador con dos tiras correspondiente a un modo de realización de la presente invención se examinó, y se muestra en la Fig. 8, en la que se representa gráficamente la amplitud de la señal de resonancia respecto al tiempo tras la extinción de un campo alternante que inicia la resonancia magnetomecánica para un marcador 801 de dos tiras correspondiente a un modo de realización de la

presente invención y para un marcador convencional 802 de dos tiras.

Como se muestra en la Fig. 9, el rendimiento magnetomecánico se mejoró aún más en un marcador con tres tiras con una amplitud de señal,  $V_0$  901 y  $V_1$  902, mayor que la que se muestra en la Fig. 7, obtenido para un marcador con dos tiras.

- 5 En la Fig. 10 se representan gráficamente los valores de  $V_{0 \max}$  1001 y  $V_{1 \max}$  1002 para un número de tiras de marcador. Hasta tres tiras de marcador se observa un crecimiento rápido de las señales de resonancia magnetomecánica, más allá de lo cual la tasa de crecimiento de las señales en relación con el número de tiras es gradual, aunque todavía muestra el efecto ventajoso del creciente número de tiras de marcador para una mejor detección de la señal de resonancia.
- 10 Un marcador codificado 501 como el descrito más arriba se utiliza de hecho en un sistema de vigilancia e identificación electrónica de artículos de acuerdo con algunos modos de realización de la presente invención, como se ilustra en la Fig. 11. En la Fig. 11, un artículo 502 que debe ser identificado y que contiene un marcador codificado 501 correspondiente a un modo de realización de la presente invención se sitúa en una zona de interrogación 510, que se encuentra flanqueada por un par de bobinas de interrogación 511. Las bobinas 511 emiten un campo magnético AC alimentado mediante un dispositivo electrónico 512 que consiste en un generador 513 de señales y en un amplificador AC 514 con frecuencias variables, que es controlado mediante una caja 515 de circuitos electrónicos para su conexión y desconexión, dirigidas hacia el artículo 502 que se pretende identificar. Cuando el artículo 502 se sitúa en la zona 510, la caja 515 de circuitos electrónicos activa el barrido de frecuencia del campo AC de interrogación desde la frecuencia más baja hasta la frecuencia más alta, en un rango que depende del rango de frecuencias predeterminadas del marcador. En un barrido de frecuencias de este tipo, se detecta en un par de bobinas 516 receptoras de la señal una señal de resonancia procedente de un marcador codificado 501 correspondiente a un modo de realización de la presente invención, lo que da como resultado un perfil de señal de resonancia. El perfil de la señal así obtenido por medio de un detector 517 de señal es enviado al identificador 518, el cual muestra un resultado de una interrogación.
- 25 El sistema de vigilancia e identificación electrónica de artículos codificados presentado más arriba se utiliza para identificar y proporcionar vigilancia de un artículo mediante el barrido de un campo de excitación AC con una frecuencia variable. En ciertos casos, es deseable una identificación retardada, lo cual se puede conseguir mediante rastreo de  $V_1$  como se describe en la Fig. 3.

#### Ejemplo 1

- 30 Se cortó una cinta en tiras dúctiles rectangulares mediante un cúter convencional para cintas metálicas. Se determinó ópticamente la curvatura de cada tira midiendo la altura,  $h$ , de la superficie curvada a lo largo de toda la longitud,  $l$ , de la tira, como se define en la Fig. 1.

#### Ejemplo 2

- 35 Se determinó el comportamiento magnetomecánico en una configuración en la que un par de bobinas proporcionaban un campo de polarización estático y el voltaje detectado en una bobina de detección de señal compensado mediante una bobina compensadora se midió con ayuda de un voltímetro y un osciloscopio. El voltaje medido depende, por consiguiente, de la bobina de detección, e indica una amplitud de señal relativa. El campo de excitación AC fue proporcionado por un generador funcional de venta en el mercado y un amplificador AC. El voltaje de la señal medido por el voltímetro se tabuló, y se utilizó un software para ordenador disponible en el mercado para analizar y procesar los datos recogidos.
- 40

#### Ejemplo 3

- Se utilizó un equipo para la medición de ciclos BH DC disponible en el mercado para medir la inducción magnética en función del campo aplicado H. Se utilizó un montaje de bobinas de excitación y detección similar al del Ejemplo 4, para la medición de un ciclo BH AC, y se alimentó la señal de salida de la bobina de detección en un integrador electrónico. A continuación se calibró la señal integrada para obtener el valor de la inducción magnética B de una muestra. Se representó gráficamente el valor de B resultante en función del campo aplicado H, lo que dio como resultado un ciclo BH AC. En ambos casos AC y DC, la dirección del campo aplicado y la medición se realizaron a lo largo de la dirección longitudinal de las tiras de marcador.
- 45

#### Ejemplo 4

- 50 Se colocó una tira de marcador preparada de acuerdo con el Ejemplo 1 en un campo de excitación AC a una frecuencia fundamental predeterminada y se detectó su respuesta en armónicos altos mediante una bobina que contenía la tira. La bobina de excitación y la bobina de detección de la señal se arrollaron sobre un carrete con un diámetro de aproximadamente 50 mm. El número de espiras de la bobina de excitación y de la bobina de detección de la señal fue de aproximadamente 180 y aproximadamente 250, respectivamente. La frecuencia fundamental se

escogió a 2,4 kHz y su voltaje en la bobina de excitación fue de aproximadamente 80 mV. Se midieron los vigésimo quintos voltajes armónicos de la bobina de detección de la señal.

Así pues, en un modo de realización de la presente invención, un radio de curvatura de las tiras de marcador puede ser menor que aproximadamente 100 cm, o encontrarse entre aproximadamente 20 cm y aproximadamente 100 cm.

- 5 En los casos en que se selecciona, la codificación se realiza cortando una cinta de aleación magnetoestrictiva amorfa con una dirección de anisotropía magnética perpendicular al eje de la cinta en una tira rectangular con una longitud predeterminada, en la que la proporción de la longitud respecto a la anchura sea mayor que 3.

Asimismo, en aquellos casos en los que se seleccionan, las tiras tienen una anchura de tira que varía entre aproximadamente 3 mm hasta aproximadamente 15 mm.

- 10 En un modo de realización de la presente invención, las tiras tienen una pendiente de la frecuencia de resonancia respecto al campo de polarización que varía desde aproximadamente 4 Hz/(A/m) hasta aproximadamente 14 Hz/(A/m).

En aquellos casos en los que se seleccionan, las tiras tienen una longitud mayor de 18 mm cuando la anchura de una tira es de 6 mm.

- 15 Asimismo, en aquellos casos en los que se seleccionan, las tiras tienen una frecuencia de resonancia magnetomecánica menor que aproximadamente 120.000 Hz.

En un modo de realización de la presente invención, las cintas de aleación ferromagnética amorfa tienen una magnetoestricción de saturación entre aproximadamente 8 ppm y aproximadamente 18 ppm, y una inducción de saturación entre aproximadamente 0,7 teslas y aproximadamente 1,1 teslas.

- 20 En un modo de realización de la presente invención, el marcador codificado comprende al menos dos tiras de marcador de la misma longitud. En los casos en los que se selecciona, el marcador codificado comprende cinco tiras de marcador de la misma longitud.

En un modo de realización de la presente invención, el marcador codificado tiene una frecuencia de resonancia magnetomecánica entre aproximadamente 30.000 y aproximadamente 130.000 Hz.

- 25 En un modo de realización de la presente invención, el marcador codificado tiene un universo de identificación electrónica que contiene hasta aproximadamente 1800 y aproximadamente 115 millones de artículos identificables individualmente para un marcador codificado con dos y cinco tiras de marcador, respectivamente.

En un modo de realización de la presente invención, el marcador codificado tiene un universo de identificación electrónica que contiene más de 115 millones de artículos identificables individualmente.

- 30 Así, en un modo de realización de la presente invención, un marcador codificado de un sistema de identificación electrónica de artículos mediante resonancia magnetomecánica adaptado para resonar mecánicamente a frecuencias preseleccionadas comprende una pluralidad de tiras dúctiles magnetoestrictivas cortadas a unas longitudes predeterminadas a partir de unas cintas de aleación ferromagnética amorfa que tienen curvaturas a lo largo de la dirección longitudinal de la cinta y exhiben resonancia magnetomecánica cuando se someten a la  
 35 excitación de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático, teniendo dichas tiras una dirección de anisotropía perpendicular a un eje de la cinta, en donde al menos una de la tiras está adaptada para ser polarizada magnéticamente con el fin de resonar a una sola frecuencia diferente entre las frecuencias preseleccionadas.

- Además, en algunos modos de realización seleccionados de la presente invención, un sistema de identificación  
 40 electrónica de artículos tiene una capacidad para descodificar la información codificada de un marcador codificado. El marcador codificado está adaptado para resonar mecánicamente a frecuencias preseleccionadas, y el marcador codificado comprende una pluralidad de tiras dúctiles magnetoestrictivas cortadas a unas longitudes predeterminadas a partir de unas cintas de aleación ferromagnética amorfa que presentan curvaturas a lo largo de la  
 45 dirección longitudinal de la cinta y exhiben resonancia magnetomecánica cuando se someten a la excitación de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático, teniendo dichas tiras una dirección de anisotropía perpendicular a un eje de la cinta, y en donde al menos una de la tiras está adaptada para ser polarizada magnéticamente con el fin de resonar a una sola frecuencia diferente entre las frecuencias preseleccionadas. El sistema de identificación electrónica de artículos comprende uno entre los siguientes elementos: un par de bobinas que emiten un campo de excitación AC orientado hacia el marcador codificado para formar una zona de  
 50 interrogación; un par de bobinas de detección de señal que reciben la información codificada desde el marcador codificado; un dispositivo procesador de señales electrónicas con un ordenador electrónico dotado de un software para descodificar la información codificada en el marcador codificado; o un dispositivo electrónico que es capaz de identificar el marcador codificado. Así como identificar un artículo al que se le ha fijado el marcador codificado.

Aunque se han mostrado y descrito unos cuantos modos de realización de la presente invención, aquellos experimentados en la técnica se percatarán de que es posible realizar cambios en dichos modos de realización sin apartarse de los principios y el espíritu de la invención, cuyo alcance se define en las reivindicaciones y sus equivalentes.

## REIVINDICACIONES

1. Un marcador para un sistema de vigilancia electrónica de artículos basado en resonancia magnetomecánica, que tiene al menos una tira dúctil magnetoestrictiva cortada a partir de una cinta de aleación ferromagnética amorfa, estando caracterizado dicho marcador por que la cinta tiene una curvatura en una dirección a lo largo de la dimensión longitudinal de la cinta y exhibe resonancia magnetomecánica bajo la excitación de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático, teniendo la al menos una tira de marcador una dirección de anisotropía magnética a lo largo de una dirección perpendicular a la dimensión longitudinal de la cinta.
2. El marcador de la reivindicación 1, en donde un radio de curvatura de la al menos una tira de marcador magnetoestrictiva dúctil es menor que 100 cm.
3. El marcador de la reivindicación 1, en donde la al menos una tira de marcador tiene una proporción longitud-anchura mayor que 3.
4. El marcador de la reivindicación 1, en donde la al menos una tira de marcador tiene una anchura de tira que varía desde 3 mm hasta 15 mm.
5. El marcador de la reivindicación 3, en donde la al menos una tira de marcador tiene una pendiente de frecuencia de resonancia respecto al campo de polarización que varía desde 4 Hz/(A/m) hasta 14 Hz/(A/m).
6. El marcador de la reivindicación 1, en donde la al menos una tira de marcador tiene una longitud que varía desde 15 mm hasta 65 mm.
7. El marcador de la reivindicación 6, en donde las tiras tienen una frecuencia de resonancia magnetomecánica menor que 120.000 Hz.
8. El marcador de la reivindicación 1, en donde la cinta de aleación ferromagnética amorfa tiene una inducción de saturación que varía desde 0,7 teslas hasta 1,1 teslas.
9. El marcador de la reivindicación 8, en donde la cinta de aleación ferromagnética amorfa tiene una composición basada en  $Fe_a-Ni_b-Mo_c-B_d$ , con  $30 \leq a \leq 43$ ,  $35 \leq b \leq 48$ ,  $0 \leq c \leq 5$ ,  $14 \leq d \leq 20$  y  $a+b+c+d=100$ , pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 3% de átomos de Mo por Co, Cr, Mn y/o Nb, y pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 1% de átomos de B por Si y/o C.
10. El marcador de la reivindicación 8, en donde la cinta de aleación ferromagnética amorfa es de una aleación que tiene una composición entre las siguientes:  $Fe_{40,6} Ni_{40,1} Mo_{3,7} B_{15,1} Si_{0,5}$ ,  $Fe_{41,5} Ni_{38,9} Mo_{4,1} B_{15,5}$ ,  $Fe_{41,7} Ni_{39,4} Mo_{3,1} B_{15,8}$ ,  $Fe_{40,2} Ni_{39,0} Mo_{3,6} B_{16,6} Si_{0,6}$ ,  $Fe_{39,8} Ni_{39,2} Mo_{3,1} B_{17,6} C_{0,3}$ ,  $Fe_{36,9} Ni_{41,3} Mo_{4,1} B_{17,8}$ ,  $Fe_{35,6} Ni_{42,6} Mo_{4,0} B_{17,9}$ ,  $Fe_{40} Ni_{38} Mo_4 B_{18}$ , ó  $Fe_{38,0} Ni_{38,8} Mo_{3,9} B_{19,3}$ .
11. El marcador de la reivindicación 1, en donde el marcador comprende una pluralidad de tiras de marcador con diferentes radios de curvatura en la dirección de la dimensión longitudinal de las tiras de marcador y con longitudes predeterminadas.
12. El marcador de la reivindicación 11, en donde al menos dos de la pluralidad de tiras de marcador están apiladas.
13. El marcador de la reivindicación 12, en donde el marcador tiene una frecuencia de resonancia magnetomecánica entre 30.000 y 130.000 Hz.
14. El marcador de la reivindicación 13, en donde el marcador tiene un universo de identificación electrónica que contiene hasta 1800 artículos identificables individualmente para un marcador codificado con dos tiras de marcador y 115 millones de artículos identificables individualmente para un marcador codificado con cinco tiras de marcador.
15. El marcador de la reivindicación 13, en donde el marcador tiene un universo de identificación electrónica que contiene más de 115 millones de artículos identificables individualmente.
16. Un sistema de vigilancia electrónica de artículos que tiene una capacidad de detección de la resonancia de un marcador, teniendo el marcador al menos una tira de marcador magnetoestrictiva dúctil obtenida de una cinta de aleación ferromagnética amorfa, caracterizándose dicho sistema por comprender: un sistema de vigilancia sintonizado con unas frecuencias del campo magnético de vigilancia predeterminadas, en donde el sistema de vigilancia detecta un marcador que está adaptado para resonar mecánicamente a una frecuencia preseleccionada, la al menos una tira de marcador tiene una curvatura en la dirección de la dimensión longitudinal de la cinta y exhibe una resonancia magnetomecánica bajo la excitación de un campo magnético alternante con un campo de polarización estático, teniendo la al menos una tira de marcador una dirección de anisotropía magnética a lo largo de una dirección perpendicular a la dimensión longitudinal de la cinta.
17. El marcador de la reivindicación 1, en donde un radio de curvatura de la al menos una tira de marcador

magnetoestrictiva dúctil se encuentra entre 20 cm y 100 cm.

18. El marcador de la reivindicación 2, en donde la al menos una tira de marcador tiene una longitud predeterminada y exhibe resonancia magnetomecánica a una frecuencia relacionada con la longitud.

5 19. El marcador de la reivindicación 8, en donde la cinta de aleación ferromagnética amorfa tiene una magnetoestricción de saturación que varía desde 8 ppm hasta 18 ppm.

20. El marcador de la reivindicación 19, en donde la aleación ferromagnética amorfa de la cinta tiene una composición basada en  $Fe_a-Ni_b-Mo_c-B_d$ , donde  $30 \leq a \leq 43$ ,  $35 \leq b \leq 48$ ,  $0 \leq c \leq 5$ ,  $14 \leq d \leq 20$  y  $a+b+c+d=100$ , pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 3% de átomos de Mo por Co, Cr, Mn y/o Nb, y pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 1% de átomos de B por Si y/o C.

10 21. El marcador de la reivindicación 1, que incluye, además, al menos una tira de imán de polarización colocada en la dirección de la dimensión longitudinal de la al menos una tira de marcador.

22. El marcador de la reivindicación 21, en donde la al menos una tira de marcador se encuentra alojada en una cavidad separada de la tira del imán de polarización.

15 23. El marcador de la reivindicación 1, en donde la cinta de aleación ferromagnética amorfa tiene una composición basada en  $Fe_a-Ni_b-Mo_c-B_d$ , donde  $30 \leq a \leq 43$ ,  $35 \leq b \leq 48$ ,  $0 \leq c \leq 5$ ,  $14 \leq d \leq 20$  y  $a+b+c+d=100$ , pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 3% de átomos de Mo por Co, Cr, Mn y/o Nb, y pudiendo reemplazarse opcionalmente hasta un 1% de átomos de B por Si y/o C.

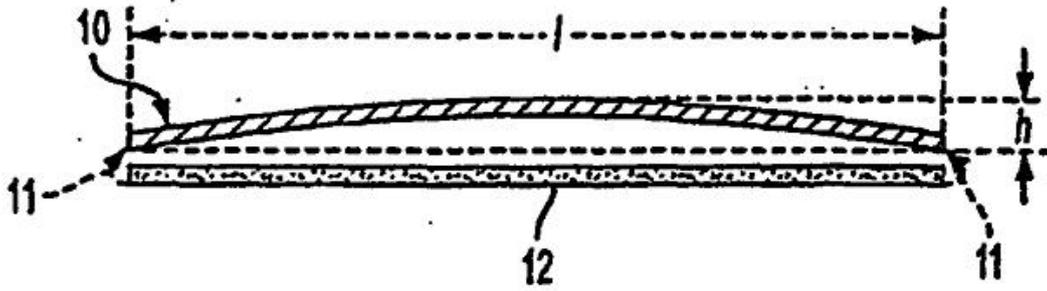


FIG. 1A

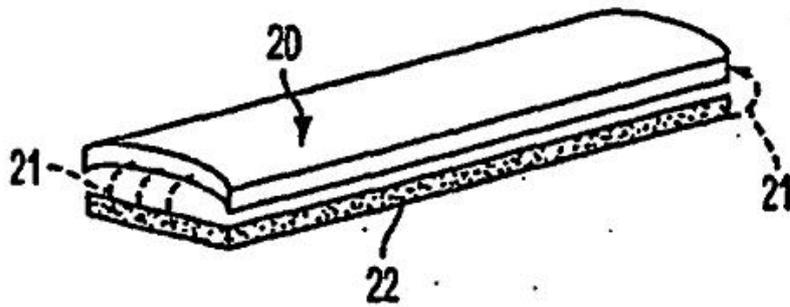


FIG. 1B

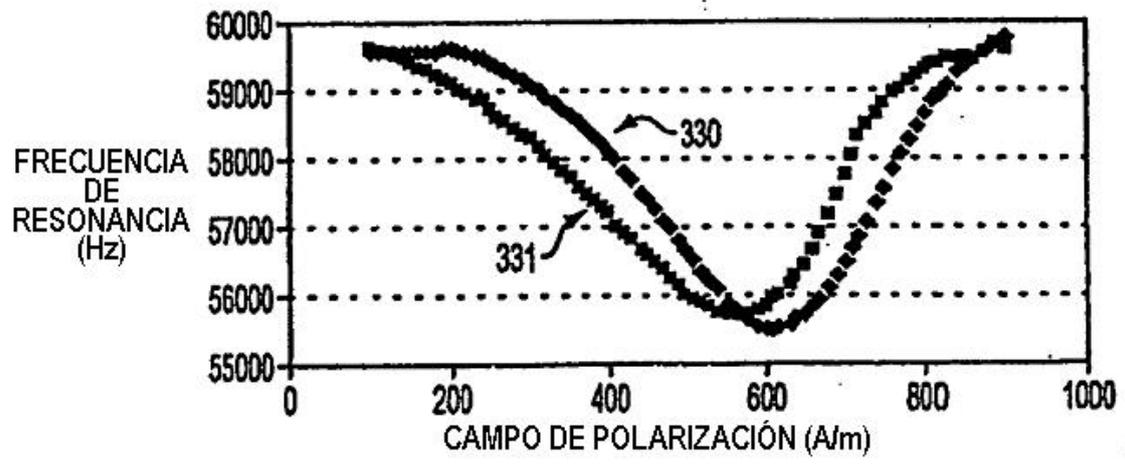


FIG. 2

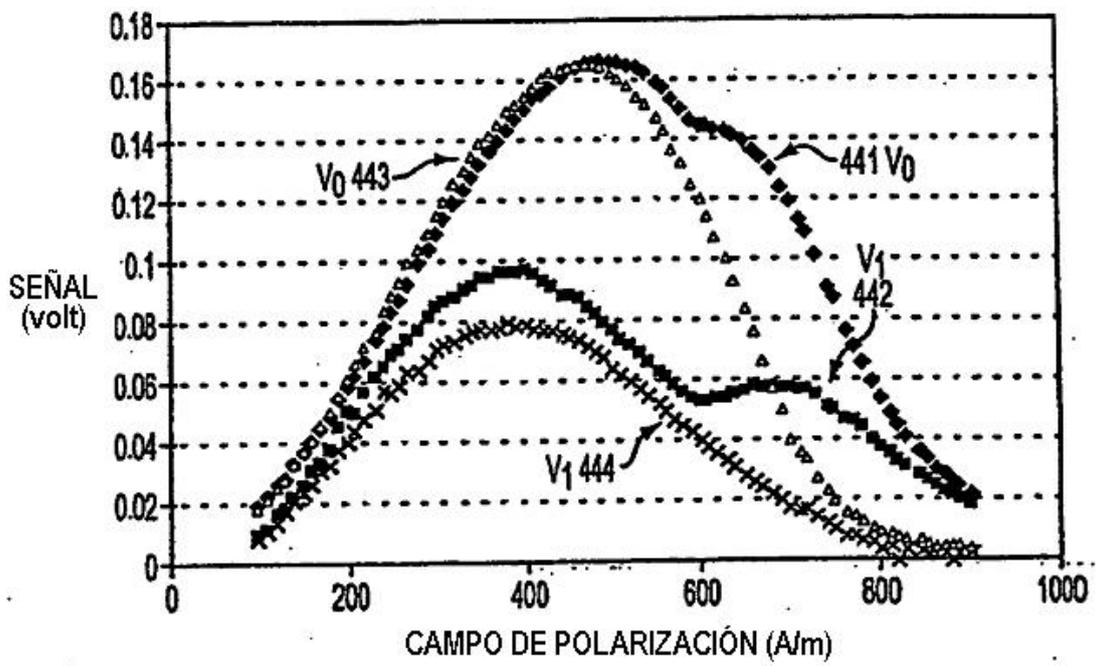


FIG. 3

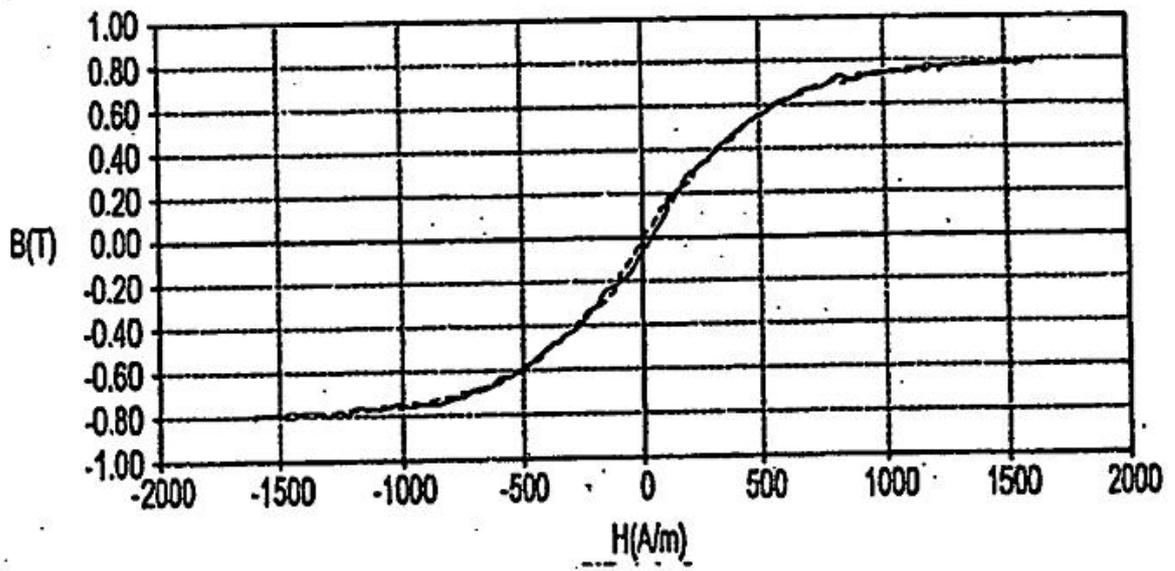


FIG. 4

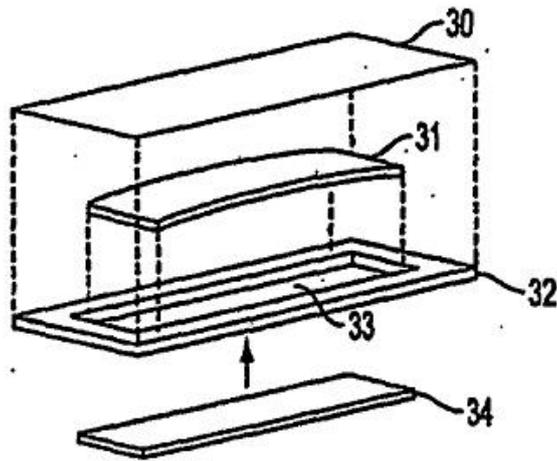


FIG. 5A

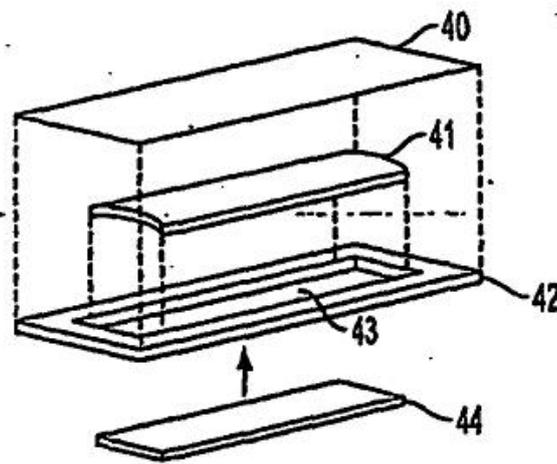


FIG. 5B

TÉCNICA CONVENCIONAL

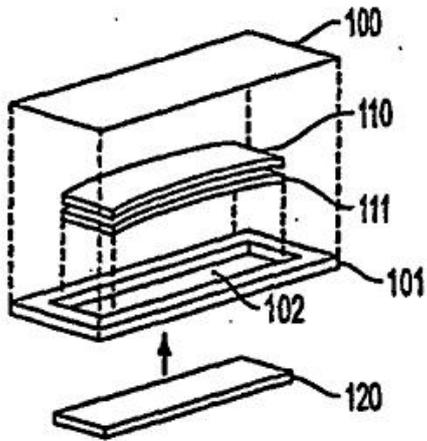


FIG. 6A-1



FIG. 6A-2

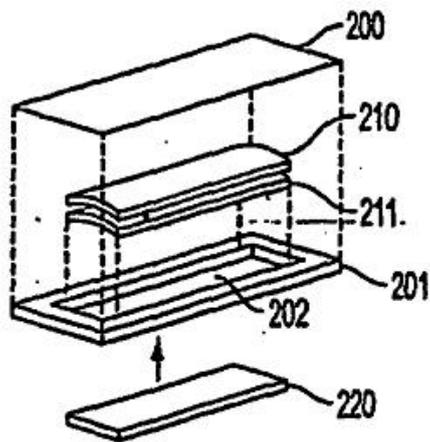


FIG. 6B-1  
TÉCNICA CONVENCIONAL



FIG. 6B-2  
TÉCNICA CONVENCIONAL

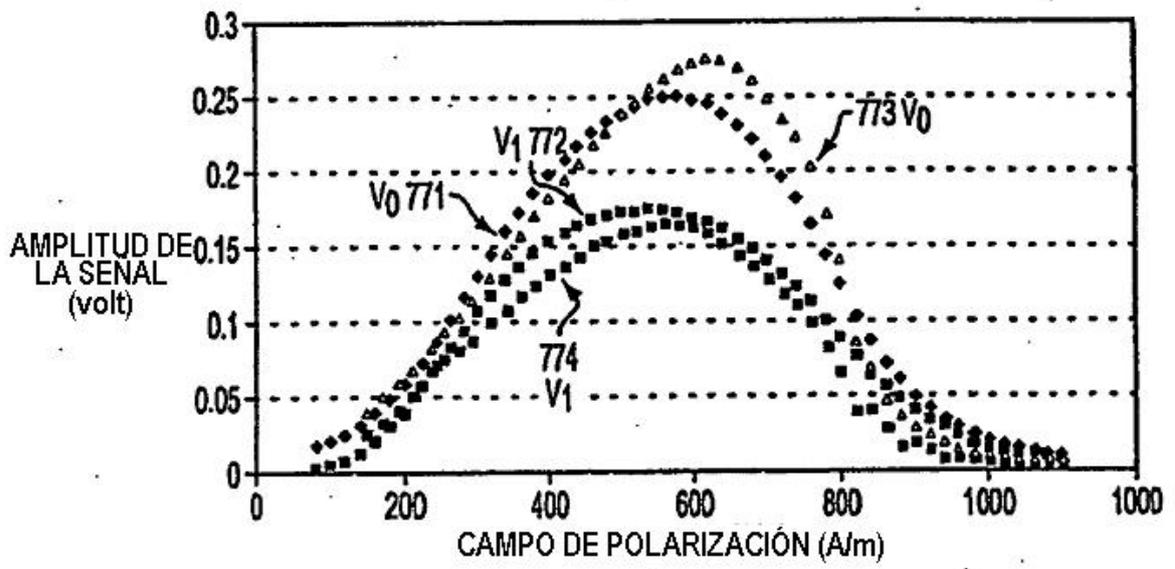


FIG: 7

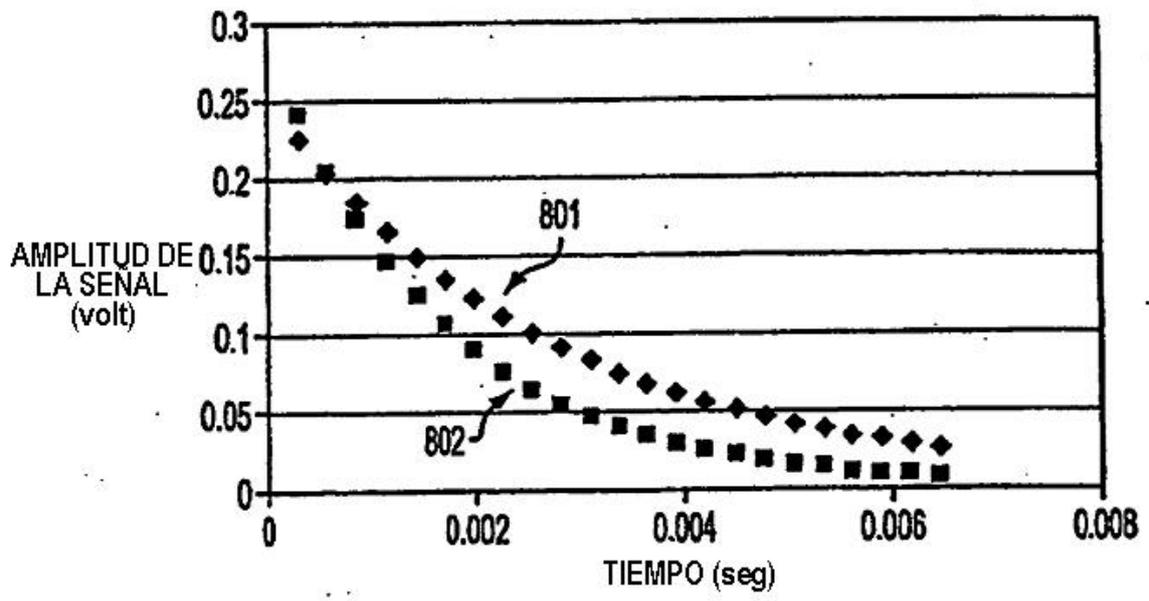


FIG. 8

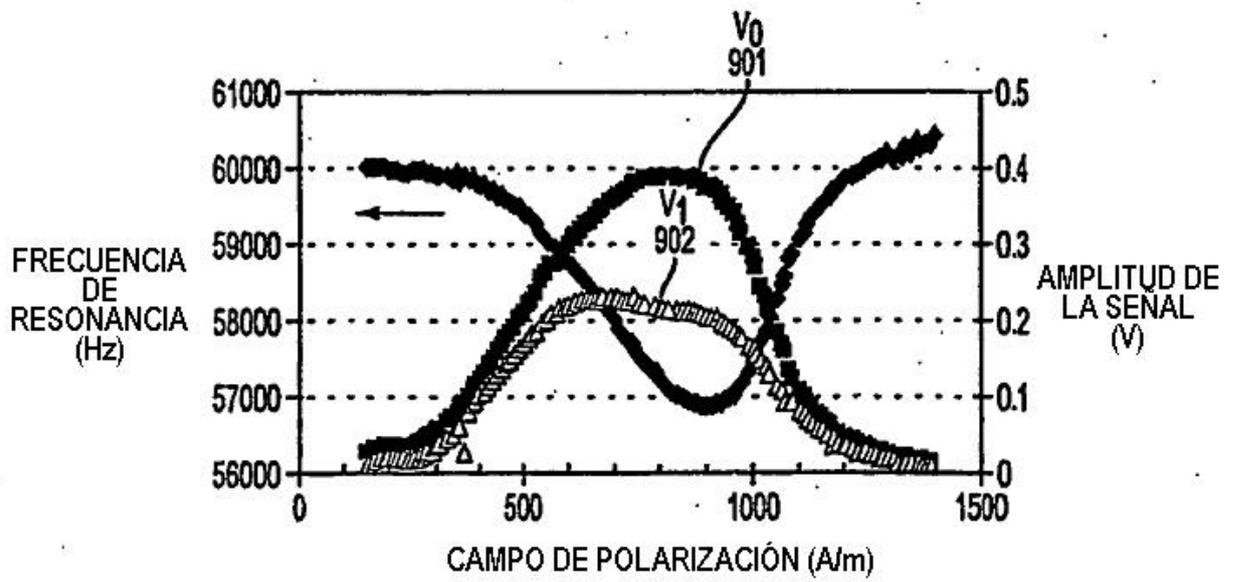


FIG. 9

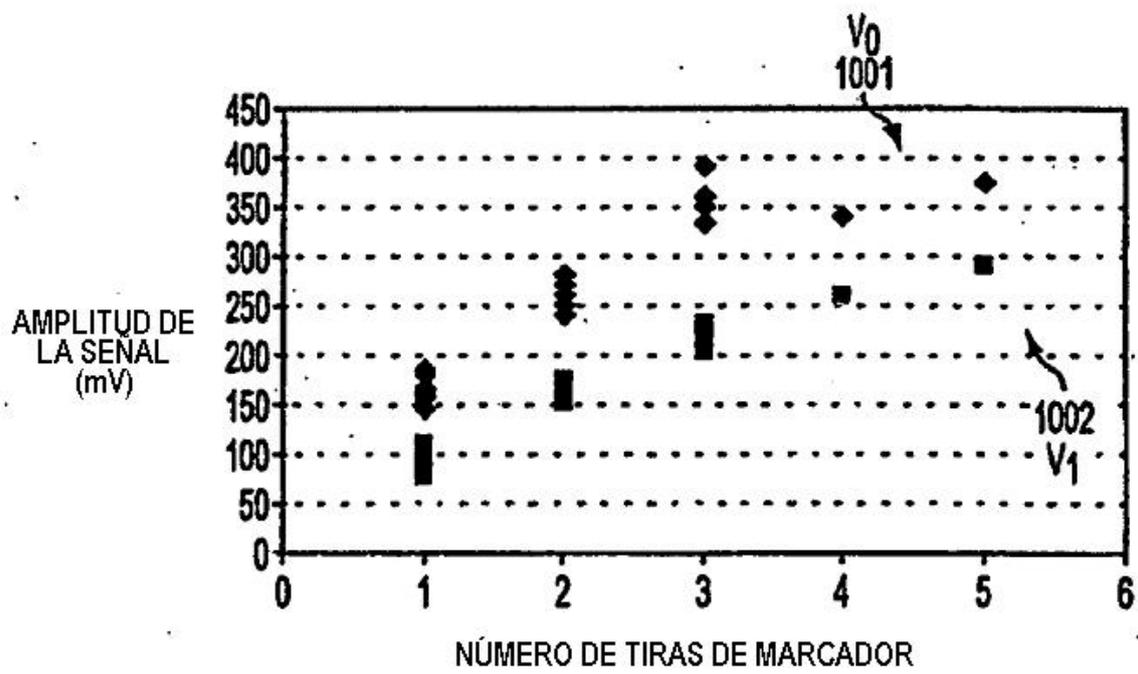


FIG. 10

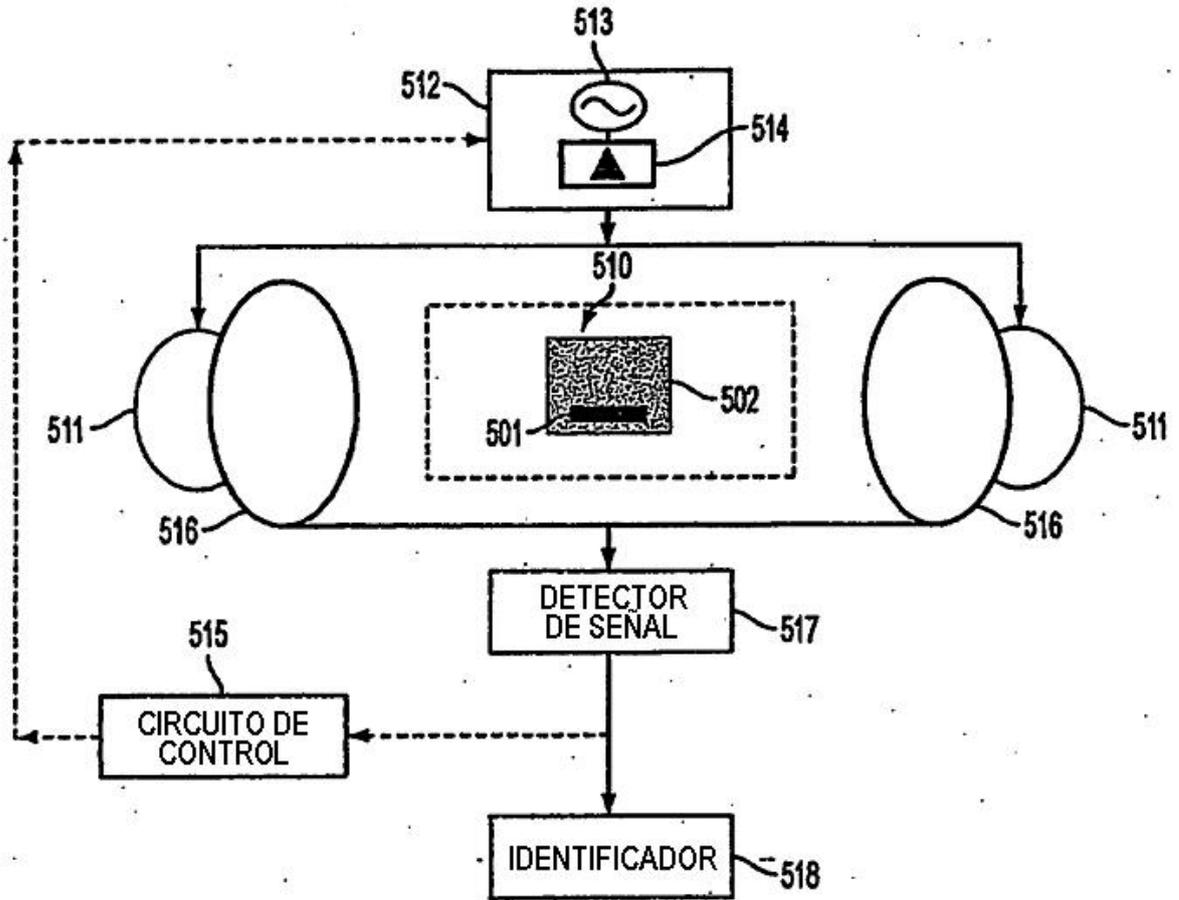


FIG. 11