

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 211**

51 Int. Cl.:

H01F 3/04 (2006.01)

H01F 1/153 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 45/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2014 PCT/JP2014/053536**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14126220**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2014 E 14751452 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2958116**

54 Título: **Método de producción de un núcleo magnético anular realizado con aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, y método de producción de un dispositivo magnético que comprende el mismo**

30 Prioridad:

15.02.2013 JP 2013027500

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

24.07.2020

73 Titular/es:

**HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-70, Konan 1-chome, Minato-ku
Tokyo 108-8224, JP**

72 Inventor/es:

**NAOE, MASAMU;
HAMAGUCHI, YASUHIRO y
HAGIWARA, KAZUHIRO**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 775 211 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

Método de producción de un núcleo magnético anular realizado con aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, y método de producción de un dispositivo magnético que comprende el mismo

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método de producción de un núcleo magnético anular usado, por ejemplo, en un filtro de ruido, etcétera, dispuesto entre una fuente de alimentación y un dispositivo electrónico con el fin de suprimir ruido en una corriente grande, y a un método de producción de un dispositivo magnético que comprende el mismo.

10

Antecedentes de la invención

En un circuito electrónico que comprende una fuente 201 de alimentación, un inversor 202, un dispositivo electrónico 203, etcétera, según se muestra en la Fig. 9, se producen ruidos tales como un ruido de conmutación de alta frecuencia generado desde la parte de conversión de la fuente 201 de alimentación, un ruido de impulsos de alto voltaje generado desde el dispositivo electrónico 203, por ejemplo un motor, etcétera, que provocan funcionamientos defectuosos. Para evitar dichos ruidos, entre la fuente 201 de alimentación y el inversor 202 y el dispositivo electrónico 203 se dispone un filtro 10 de ruido.

20

La Fig. 10 muestra la estructura general de un filtro 10 de ruido para una fuente de alimentación trifásica. Este filtro 10 de ruido comprende condensadores interfase C11, C12, C13, C21, C22, C23 para reducir el ruido de modo normal, una bobina 5 de choque de modo común para reducir el ruido de modo común, y condensadores C31, C32, C33 conectados a tierra, entre terminales 101a de entrada en el lado de la fuente de alimentación y terminales 101b de salida en el lado del dispositivo electrónico. Para suprimir el ruido de modo normal puede disponerse una bobina de choque en serie con el recorrido de cada fuente de alimentación.

25

La Fig. 11 muestra un ejemplo de bobinas 5 de choque de modo común. Esta bobina 5 de choque de modo común comprende, según se describe en el documento JP 2000-340437 A, por ejemplo, un núcleo magnético anular 1 formado por ferrita de Mn-Zn, una aleación de Fe-Si-B amorfa, una aleación magnética blanda, nanocrystalina de Fe-Si-B, etcétera, y pluralidades de bobinas 7a, 7b, 7c enrolladas en torno al núcleo magnético anular 1. La bobina puede ser de devanado bifilar. La bobina 5 de choque de modo común tiene una impedancia elevada para el ruido de modo común del recorrido de la fuente de alimentación, atenuando el ruido de modo común de la fuente de alimentación por medio de la inductancia de las bobinas 7a, 7b, 7c y los condensadores C31, C32, C33 conectados a tierra, y atenuando el ruido de modo normal en los terminales de entrada por medio de los condensadores interfase C11, C12, C13 conectados entre los terminales de entrada, los condensadores interfase C21, C22, C23 conectados entre los terminales de salida, y la inductancia de fuga de cada bobina, evitando, así, que el ruido de la fuente de alimentación y de los dispositivos electrónicos interactúe uno con otro.

30

35

40

Debido a que la supresión de ruido según una normativa VCCI ó CISPR determina, por ejemplo, el límite del ruido de emisiones conducidas (*noise terminal voltage*) en una banda de frecuencias de 150 kHz a 30 MHz, se requiere que los filtros de ruido reduzcan el ruido de alto voltaje, así como el ruido en un intervalo amplio de frecuencias. Para suprimir el ruido de alto voltaje, es importante la densidad de flujo magnético de saturación del material magnético usado para los núcleos de las bobinas de choque de modo común. Para suprimir el ruido en una banda amplia de frecuencias, son importantes la permeabilidad del material magnético y sus características de frecuencia.

45

El documento JP 7-74419 B da a conocer una aleación magnética blanda, basada en Fe, que tiene una composición representada por la fórmula general de $(\text{Fe}_{1-a}\text{M}_a)_{100-x-y-z-\alpha}\text{Cu}_x\text{Si}_y\text{B}_z\text{M}'_\alpha$, en donde M es Co y/o Ni, M' es por lo menos un elemento seleccionado del grupo consistente en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo, a, x, y, z y α cumplen $0 \leq a \leq 0,5$, $0,1 \leq x \leq 3$, $0 \leq y \leq 30$, $0 \leq z \leq 25$, $5 \leq y + z \leq 30$, y $0,1 \leq \alpha \leq 30$; estando ocupado por lo menos el 50% de su estructura por granos cristalinos finos que tienen un tamaño de grado medio de 100 nm o inferior, siendo el balance sustancialmente amorfo. Esta aleación magnética blanda, basada en Fe, tiene una alta permeabilidad a altas frecuencias, aunque se satura magnéticamente de manera sencilla con una corriente elevada, con lo que es probable que no consiga presentar una función adecuada para las bobinas de choque. Cuando un núcleo magnético se satura magnéticamente con una corriente elevada, su permeabilidad se reduce, dando como resultado una baja inductancia. Por lo tanto, cuando se usa para un filtro de ruido, el ruido de modo común y el ruido de modo normal se atenúan menos. Cuando el núcleo magnético está provisto de un entrehierro magnético para evitar la disminución del rendimiento en cuanto a atenuación del ruido, sus pérdidas en el núcleo se incrementan, y se fuga flujo magnético del entrehierro magnético.

55

60

El documento JP 2006-525655 A da a conocer un núcleo magnético formado por una aleación cristalina ultrafina que tiene una permeabilidad específica μ de 500 a 15.000, una magnetostricción de saturación λ inferior a 15

ppm, y características de funcionamiento intensivo en un bucle lineal de B-H y en AC y DC; estando ocupado por lo menos el 50% de la aleación cristalina ultrafina por partículas de cristal finas que tienen un tamaño de grano medio de 100 nm o inferior; y teniendo la aleación cristalina ultrafina una composición representada por la fórmula general de $Fe_aCo_bNi_cCu_dM_eSi_fB_gX_h$, en donde M es por lo menos uno de V, Nb, Ta, Ti, Mo, W, Zr, Cr, Mn y Hf, X es P, Ge, C e impurezas inevitables, y expresándose a, b, c, d, e, f, g y h en % atómico, y cumpliendo las condiciones de $0 \leq b \leq 40$, $2 < c < 20$, $0,5 \leq d \leq 2$, $1 \leq e \leq 6$, $6,5 \leq f \leq 18$, $5 \leq g \leq 14$, $5 \leq b + c \leq 45$, $a + b + c + d + e + f = 100$, y $h < 5$. No obstante, se ha observado que núcleos magnéticos que presentan las composiciones descritas específicamente en el documento JP 2006-525655 A padecen el problema de que no puede mantenerse fácilmente una alta permeabilidad específica de AC μ_r en un campo magnético DC de 150 A/m o superior.

El documento DE 10 2011 002114 A1 da a conocer un núcleo devanado a partir de cintas de Fe-Cu-Nb-Si-B con hasta un 5% de sustitución de Fe por Ni ó Co. El núcleo se calienta por encima de la temperatura de cristalización y se orienta mediante campos elevados en la dirección de la anchura de la cinta, sin especificar velocidades de calentamiento.

Objetivo de la invención

Por consiguiente, es un objetivo de la presente invención proporcionar un método de producción de un núcleo magnético anular capaz de mantener una alta permeabilidad incluso en una corriente elevada con una alta resistencia a la saturación magnética, y un método de producción de un dispositivo magnético tal como una bobina de choque, etcétera, que presente un excelente efecto de reducción de ruido.

Exposición de la invención

El núcleo magnético anular producido con el método de la presente invención está formado por una aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, en la cual parte del Fe está sustituida con Ni y/o Co, y que tiene

una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ de 4.000 o superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m;

una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ de 2.500 o superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m; y

la permeabilidad máxima μ_{Max} de 8.000 ó inferior, y una densidad de flujo magnético B_{400} de 1,3 T ó superior a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m.

El anterior núcleo magnético anular tiene, preferentemente, una permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(150)}$ de 4.000 o superior a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC 150 A/m, y una permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(200)}$ de 2.000 o superior a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 200 A/m.

El método de la presente invención se especifica en la reivindicación 1.

La anterior aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, está, preferentemente, en forma de una cinta de un grosor de hasta 10-25 μm . Más preferentemente, la anterior cinta tiene un grosor de hasta 14/25 μm .

El dispositivo magnético producido de acuerdo con la presente invención comprende el anterior núcleo magnético anular contenido en una carcasa de resina, estando fijada parte del núcleo magnético anular con un adhesivo. En el primer ejemplo, un conductor penetra a través de una parte hueca del núcleo magnético anular. En el segundo ejemplo, un conductor está enrollado en torno al núcleo magnético anular. El conductor es un hilo metálico conductor o un embarrado.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de los núcleos magnéticos anulares producidos según la presente invención (Ejemplo 1).

La Fig. 2 es una gráfica que muestra un bucle de B-H DC del núcleo magnético anular del Ejemplo 1.

La Fig. 3 es una gráfica que muestra la relación entre la permeabilidad específica de AC μ_r y la intensidad de campo magnético en el núcleo magnético anular del Ejemplo 1.

La Fig. 4 es una gráfica que muestra las características de frecuencia de la permeabilidad específica de AC μ_r en el núcleo magnético anular del Ejemplo 1.

5 La Fig. 5 es una gráfica que muestra las características de frecuencia de la impedancia en la bobina de choque del Ejemplo 2.

La Fig. 6 es una gráfica que muestra las características de la inductancia con superposición de corriente DC en las bobinas de choque del Ejemplo 2 y el Ejemplo Comparativo 1.

10 La Fig. 7 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de bobinas de choque de modo común trifásicas.

La Fig. 8 es una gráfica que muestra las características frecuenciales de impedancia e inductancia en la bobina de choque de modo común trifásica del Ejemplo 3.

15 La Fig. 9 es un diagrama de bloques que muestra un circuito que comprende un filtro de ruido dispuesto entre una fuente de alimentación y un dispositivo electrónico.

La Fig. 10 es una vista que muestra un ejemplo de las estructuras del circuito de un filtro de ruido para una fuente de alimentación trifásica.

20

La Fig. 11(a) es una vista frontal que muestra un ejemplo de bobinas de choque de modo común.

La Fig. 11(b) es una vista frontal que muestra otro ejemplo de bobinas de choque de modo común.

25 La Fig. 12 es una vista esquemática, explosionada, en perspectiva, que muestra un núcleo magnético anular dispuesto en una carcasa de núcleo aislante.

Descripción de las realizaciones preferidas

30 A continuación se explicarán detalladamente las realizaciones producidas de acuerdo con la presente invención en referencia a los dibujos adjuntos, sin intención de limitar la presente invención a ellas. Las explicaciones de cada realización serán aplicables a otras realizaciones a no ser que se mencione lo contrario.

[1] Aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe

35

Una aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, usada en el núcleo magnético anular producido de acuerdo con la presente invención tiene una composición en la cual parte del Fe está sustituida con Ni y/o Co. Para tener las características deseadas de B-H, la misma tiene, preferentemente, un composición representada con la fórmula general de $Fe_a(Ni, Co)_bCu_cNb_dSi_eB_f$ (% atómico), en donde $75,5 < a + b$, $4 \leq b \leq 6$, $0,1 \leq c \leq 2$, $0,1 \leq d \leq 4$, $10 \leq e \leq 11,5$, $9,2 \leq f \leq 10$, y $a + b + c + d + e + f = 100$, excepto por las impurezas. En la fórmula anterior, (Ni, Co) significa Ni y/o Co.

40

(1) Fe, y Ni y/o Co

45 Fe es un elemento que domina una densidad de flujo magnético de saturación B_s . Para lograr una densidad de flujo magnético B_{400} de 1,3 T ó superior a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m, Fe y Ni y/o Co son más de un 75,5% atómico en total.

50 La sustitución de parte del Fe por ni y/o Co puede hacer que aumente la anisotropía magnética de inducción. Por consiguiente, un tratamiento térmico en un campo magnético puede hacer que disminuya la permeabilidad específica intencionadamente sin reducir de forma drástica la densidad de flujo magnético de saturación, con lo cual se dota a la aleación de resistencia a la saturación magnética en una corriente grande. Además, la adición de Ni y/o Co hace que disminuyan las pérdidas en el núcleo Pcv. La cantidad de Ni y/o Co adicionada es de entre un 4 y un 6% atómico. Más de un 6% atómico de Ni y/o Co hace que se reduzca la permeabilidad en gran parte, con lo cual resulta difícil lograr una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ de 4.000 ó superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m, y una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ de 2.500 ó superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m. Para obtener la impedancia necesaria, debe incrementarse el número de devanado, resultando inadecuado para una bobina de choque. La permeabilidad interior se obtiene aplicando un campo magnético en una dirección perpendicular al trayecto magnético del núcleo magnético (dirección de anchura de la aleación) durante el tratamiento térmico.

60

Puesto que el Ni hace que se reduzca la densidad de flujo magnético de saturación B_s , la adición de solo más de un 6% atómico de Ni hace que resulte difícil lograr una densidad de flujo magnético B_{400} de 1,3 T ó superior.

Puesto que el Ni es más eficaz que el Co en la inclinación de la curva de B-H (reducción de la permeabilidad específica) en un intervalo del 6% atómico ó inferior, la cantidad de Co adicionada puede reducirse.

5 El Co hace que aumente ligeramente la densidad de flujo magnético de saturación Bs, pero resulta desventajoso en cuanto a su coste ya que es más caro que el Ni. Con Co al que se le ha adicionado Ni, la reducción de la densidad de flujo magnético de saturación Bs se suprime preferentemente dependiendo del porcentaje de Co.

10 El Cu es un elemento necesario para precipitar granos cristalinos finos mediante un tratamiento térmico. Menos de un 0,1% atómico de Cu hace que resulte difícil obtener granos cristalinos finos con un tamaño de grano cristalino medio de 100 nm o inferior, que ocupan un 50% ó más en volumen de la estructura de la aleación. Además, más de un 2% atómico de Cu hace que una cinta de aleación amorfa con pretratamiento térmico resulte quebradiza, con lo cual se complican el devanado y el troquelado. Por consiguiente, la cantidad de Cu adicionada es, preferentemente, del 0,1 al 2% atómico, más preferentemente del 0,5 al 1,5% atómico.

15 El Nb contribuye a la precipitación de granos cristalinos finos junto con el Cu. Con menos de un 0,1% atómico de Nb, el efecto anterior no se logra de manera suficiente. Por otro lado, ni siquiera más de un 4% atómico de Nb cambia considerablemente el efecto de precipitación de granos cristalinos finos, pero reduce las cantidades de otros elementos metálicos por su contenido, deteriorando probablemente las propiedades magnéticas. Por consiguiente, la cantidad de Nb adicionada es, preferentemente, del 0,1 al 4% atómico, más preferentemente del 1 al 3,5% atómico. Parte o la totalidad de Nb se puede sustituir con un elemento que tenga la misma función que la correspondiente del Nb, tal como Ti, Zr, Hf, Mo, W ó Ta.

25 Tanto el Si como el B son elementos constituyentes de fases amorfas. Con un 8% atómico ó más de Si, la fase amorfa se forma de manera estable por temple, dando como resultado una baja coercitividad Hc y una baja pérdida en el núcleo Pcv. No obstante, más del 12% atómico de Si hace que se reduzca la densidad de flujo magnético de saturación Bs. En la anisotropía magnética de inducción influye la cantidad de Si en granos cristalinos de Fe que tienen una estructura bcc. Por consiguiente, la cantidad de Si adicionada es del 10 al 11,5% atómico.

30 Con un 9% atómico o más de B, la fase amorfa se forma de manera estable por temple, dando como resultado una fase nanocristalina uniforme después de un tratamiento térmico. No obstante, más del 12% atómico de B hace que se reduzca la densidad de flujo magnético de saturación Bs. Para evitar la saturación de permeabilidad en un intervalo amplio de frecuencias en una corriente grande (en un campo magnético fuerte), la cantidad de B adicionada es del 9,2 al 10% atómico. Preferentemente, la cantidad total de Si y B es del 22% atómico o inferior, más preferentemente del 21% atómico o inferior.

[2] Cinta de aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe

40 La cinta de aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe tiene un grosor, preferentemente, de hasta entre 10 y 25 μm . Con un grosor inferior a 10 μm , la cinta no tiene solamente una resistencia mecánica insuficiente, que da como resultado fácilmente roturas durante su manipulación, sino que tiene también una alta coercitividad Hc. Con un grosor superior a 25 μm , la cinta no tiene de manera estable una estructura amorfa, experimentando grandes pérdidas por corrientes de Foucault. Sin tener en cuenta las pérdidas por corrientes de Foucault, la cinta tiene, preferentemente, un grosor de hasta entre 14 y 25 μm .

45 La Fig. 1 muestra un ejemplo de núcleos magnéticos anulares 1 producidos de acuerdo con la presente invención, que se obtiene devanando la cinta 100 de aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe. Aparte del núcleo magnético devanado mostrado en la Fig. 1, puede obtenerse un núcleo magnético troquelando la cinta con una forma de donut, y laminando pluralidades de las cintas en forma de donut. El núcleo magnético anular 1 no se limita a una forma circular, sino que puede tener una forma de circuito de carreras, una forma rectangular, etcétera.

[3] Método de producción del núcleo magnético anular

55 (1) Producción de cinta de aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe

60 Para obtener una cinta de aleación magnética blanda, nanocristalina, basada Fe, en primer lugar se temple, por ejemplo, una masa fundida de aleación que tiene una composición predeterminada, por medio de un método conocido de un único rodillo, con el fin de formar una cinta de aleación amorfa, basada en Fe, que tiene un grosor de diez μm ó algo más a aproximadamente 30 μm , preferentemente de 10 a 25 μm , más preferentemente de 14 a 25 μm . La cinta de aleación amorfa, basada en Fe, puede contener parcialmente granos cristalinos finos en la estructura. La cinta de aleación amorfa, basada en Fe, se devana o lamina para formar un núcleo magnético anular. En este caso, las cintas están, preferentemente, aisladas.

(2) Tratamiento térmico en campo magnético

El núcleo magnético anular resultante se trata térmicamente en un campo magnético a una temperatura igual o superior a la temperatura de inicio de cristalización durante 10 minutos o más, en una atmósfera de gas inerte tal como un gas nitrógeno, o al aire, para obtener un núcleo magnético anular de una aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, estando ocupado el 50% en volumen o más de su estructura por granos cristalinos de Fe-bcc finos que tienen un tamaño de grano cristalino medio de 100 nm o menor. La temperatura de precipitación de granos cristalinos de Fe-bcc (temperatura de inicio de cristalización) es de aproximadamente 480 a 560°C, aunque es variable en función de la composición de la aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe. La temperatura de inicio de cristalización es una temperatura de inicio de generación de calor medida por calorimetría diferencial de barrido. Cuando se precipitan fases compuestas, tales como Fe₂B, etcétera, la coercitividad H_c aumenta, perdiéndose constancia de permeabilidad. Por consiguiente, el límite superior de la temperatura de tratamiento térmico es, preferentemente una temperatura hasta la cual no se precipitan fases compuestas.

En el tratamiento térmico en un campo magnético, la temperatura y el tiempo de mantenimiento son importantes. Debido a que en la anisotropía magnética de inducción influye la cantidad de Si en los granos cristalinos de Fe que tienen una estructura bcc, el Si se debería disolver suficientemente en el Fe durante la cristalización. Por consiguiente, el tiempo de mantenimiento de la temperatura más alta es, preferentemente, 10 minutos o superior. Una temperatura de tratamiento térmico menor necesita un mayor tiempo de mantenimiento. Teniendo en cuenta la productividad, el límite superior es, preferentemente, 60 minutos.

Cuando se aplica un tratamiento térmico en un campo magnético en una dirección perpendicular al trayecto magnético del núcleo magnético anular (dirección de anchura de la cinta), la curva de B-H se inclina con una linealidad mejorada, dando como resultado una baja permeabilidad específica, una baja relación de cuadratura, y una excelente constancia de permeabilidad. El tratamiento térmico en un campo magnético per se es un método conocido según se revela, por ejemplo, en el documento JP 7-74419 B. Para saturar la aleación, se aplica un campo magnético de 1.000 A/m o superior.

En una etapa prematura de cristalización, el Si no se disuelve suficientemente en una solución sólida, no consiguiendo inducir la anisotropía. No obstante, a medida que se disuelve más Si, se induce más rápidamente la anisotropía. Por consiguiente, es preferible comenzar aplicando un campo magnético a una temperatura inferior a la temperatura de cristalización.

La velocidad de elevación de la temperatura hasta alcanzar la temperatura de mantenimiento desde el inicio de la aplicación de un campo magnético es 5°C/minuto o inferior. Una velocidad de elevación de la temperatura demasiado elevada genera una cristalización prematura por el calor generado por la cristalización. Aunque, después de la cristalización, se puede inducir la anisotropía, esta es insuficiente en comparación con la que se obtiene durante la cristalización. Además, la cristalización puede finalizar con insuficiente Si disuelto. Para obtener una suficiente inducción de anisotropía, la velocidad de elevación de la temperatura es, más preferentemente, inferior a 1°C/minuto.

[4] Características del núcleo magnético anular

Como resultado de las investigaciones para solucionar problemas que se producen cuando la aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, se usa para un dispositivo magnético (particularmente una bobina de choque), con el fin de obtener unos efectos excelentes en cuanto a su presión de ruido aunque manteniendo unas propiedades magnéticas excelentes, tales como una alta densidad de flujo magnético de saturación, bajas pérdidas y una baja magnetostricción, se ha observado que (a) la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m debería ser de 4.000 ó superior, que (b) la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m debería ser de 2.500 ó superior, y que (c) la permeabilidad máxima μ_{Max} debería ser de 8.000 ó superior, y la densidad de flujo magnético B₄₀₀ debería ser de 1,3 T ó superior, a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m.

La permeabilidad específica de AC μ_r es la permeabilidad determinada a partir de la autoinductancia efectiva de una bobina que tiene un núcleo magnético de trayecto magnético cerrado con fugas insignificantes de flujo magnético, por medio de la siguiente fórmula (1):

$$\mu_r = (L \times C1) / (\mu_0 \times N^2) \dots(1),$$

L: Autoinductancia efectiva (H),
 N: Número de devanado,
 μ_0 : Permeabilidad del vacío ($4 \times \pi \times 10^{-7}$), y
 C1: Constante del núcleo magnético (mm^{-1}).

La autoinductancia efectiva L se midió con un medidor de LCR (4284A disponible en Agilent Technologies, Inc.), y un analizador de impedancia/fase de ganancia (4194A disponible en Agilent Technologies, Inc.).

- 5 La relación entre el campo magnético y la permeabilidad específica μ_r se determinó midiendo la inductancia con superposición de corriente DC mediante una combinación de un medidor de CLR 428A y una fuente de corriente de polarización (42841A disponible en Agilent Technologies, Inc.) capaz de proporcionar una corriente DC de superposición de hasta 20 A. La permeabilidad específica de AC μ_r se determinó a partir de la autoinductancia efectiva L a una frecuencia predeterminada (por ejemplo, 100 kHz) por medio de la anterior fórmula (1). La corriente de polarización I que genera una intensidad de campo magnético DC H predeterminada (por ejemplo, 10 50 A/m) se determinó por la siguiente fórmula (2):

$$H = 1 \times N/Le \dots (2),$$

- 15 H: Intensidad de campo magnético DC (A/m),
I: Corriente de polarización (A),
N: Número de devanado, y
Le: Longitud lineal media (m).

20 Las características de frecuencia de la permeabilidad específica de AC μ_r se midieron con un campo magnético operativo de 0,05 A/m y una frecuencia de 10 kHz a 10 MHz, por medio de un analizador de impedancia/fase de ganancia 4194A. La permeabilidad máxima μ_{Max} , la densidad de flujo magnético B_{400} y la coercitividad H_c a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m se midieron con un aparato de pruebas de magnetización de DC (SK-110 disponible en METRON, Inc.).

25 Considerando una sobrecorriente que contiene ruido, la presente invención requiere permeabilidades específicas de AC $\mu_{r100k(50)}$ y $\mu_{r100k(150)}$ de 4.000 ó superiores y 2.500 ó superiores, respectivamente, a una frecuencia de 100 kHz e intensidades del campo magnético DC de 50 A/m y 150 A/m. Con la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ de 4.000 ó superior y la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ de 2.500 ó superior, se suprime la reducción del rendimiento de atenuación del ruido de modo común y el ruido de modo normal debido al descenso de la permeabilidad, posibilitando la obtención de un efecto de supresión excelente del ruido. La permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(150)}$ a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m es, más preferentemente, de 4.000 ó superior, y la permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(200)}$ a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 200 A/m es, más preferentemente, de 2.000 ó superior.

35 Cuando la permeabilidad máxima μ_{Max} es de 8.000 ó inferior, y la densidad de flujo magnético B_{400} es 1,3 T ó superior, a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m, se reduce el ruido de alto voltaje, y se evita la saturación magnética incluso con una corriente grande generada por un amento de picos de corriente transitorios, evitándose, así, la disminución extrema de la inductancia.

40 Puesto que la aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, que se usa en el núcleo magnético anular producido de acuerdo con la presente invención, tiene una permeabilidad mayor que la correspondiente de otros materiales magnéticos a altas frecuencias, un filtro de ruido que haga uso de un dispositivo magnético (bobina de choque) que comprenda el núcleo magnético anular de la presente invención es también excelente, no solamente en cuanto a la reducción de ruido de alto voltaje, sino, también, en cuanto a la reducción del ruido en bandas de frecuencia amplias.

[5] Dispositivo magnético

50 El dispositivo magnético producido de acuerdo con la presente invención se obtiene (a) haciendo penetrar conductores a través de una parte hueca de un núcleo magnético anular, o (b) devanando conductores en torno a un núcleo magnético anular, después de que el anterior núcleo magnético anular quede contenido en una carcasa de núcleo aislante o quede provisto de un recubrimiento aislante. La Fig. 11(a) muestra una bobina de choque de modo común trifásica que comprende tres conductores a, b, c que penetran a través de un núcleo magnético anular 5', como ejemplo de dispositivos magnéticos que comprenden conductores que penetran a través de una parte hueca del núcleo magnético anular. La Fig. 11(b) muestra una bobina de choque de modo común trifásica que comprende tres conductores a, b, c devanados en torno a un núcleo magnético anular 5', como ejemplo de dispositivos magnéticos que comprenden conductores devanados en torno a un núcleo magnético anular. La Fig. 12 muestra el núcleo magnético anular 5' contenido en una carcasa de núcleo aislante constituida por una carcasa superior 11 y una carcasa inferior 12.

60 La presente invención se explicará de forma más detallada mediante los siguientes Ejemplos sin ninguna intención de limitar el alcance de invención.

Ejemplo 1

Según el método del rodillo único, una masa fundida que tenía una composición de $\text{Fe}_{70,7}\text{Ni}_{5,0}\text{Cu}_{0,8}\text{Nb}_{2,8}\text{Si}_{10,9}\text{B}_{9,8}$ (% atómico) se templó rápidamente mediante expulsión desde una tobera sobre un rodillo de cobre que giraba a una alta velocidad, para obtener cintas de aleación de 53 mm de anchura con un grosor de hasta 16 μm , 18 μm y 23 μm , respectivamente. Se confirmó, mediante medición de difracción de rayos X, que estas cintas de aleación tenían una estructura sustancialmente amorfa. La temperatura de cristalización T_x de esta aleación medida por calorimetría diferencial de barrido fue de 490°C.

Cada cinta se cortó para obtener dos cintas de 25 mm de anchura. Cada una de las cintas se devanó para obtener un núcleo toroidal (factor de espacio: 0,9) que tenía un diámetro exterior de 24,5 mm, un diámetro interior de 21 mm y una altura/anchura de 25 mm. Cada uno de los núcleos toroidales se colocó en un horno de tratamiento térmico controlado a una atmósfera de nitrógeno, y se sometió a un tratamiento térmico que comprendía una elevación de temperatura desde 420°C a la temperatura más alta de 550°C a una velocidad de 0,54°C/minuto, manteniéndose en la temperatura más alta durante 20 minutos, y, a continuación, dejando que el mismo se enfriase en el horno, con lo cual se obtiene un núcleo toroidal de la aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, mostrada en la Fig. 1. Mientras se elevaba la temperatura y se mantenía la temperatura más alta, se aplicó un campo magnético de 280 kA/m al núcleo magnético anular en la dirección de la altura (dirección de la anchura de la cinta). Mediante tratamiento térmico en un campo magnético, en todas las cintas se formaron sustancialmente un 70% en volumen de granos cristalinos finos que tenían un tamaño de grano medio de 100 nm ó inferior.

Cada uno de los núcleos magnéticos anulares se encerró en una carcasa aislante, provisto de 10 espiras de devanado en el lado primario y 10 espiras de devanado en el lado secundario, para medir la permeabilidad máxima μ_{Max} , la densidad de flujo magnético B_{400} , la coercitividad H_c , y la relación de cuadratura a 25°C, por medio de una máquina de pruebas de magnetización de DC SK-110. Los resultados se muestran en la Tala 1. Como ejemplo típico, en la Fig. 2 se muestra un bucle de B-H de corriente continua de un núcleo magnético anular de una cinta con un grosor de 16 μm .

Cada uno de los núcleos magnéticos anulares se encerró en una carcasa aislante y se le dotó de 10 espiras de devanado, para determinar la relación de la permeabilidad específica de AC μ_r con respecto a un campo magnético DC (intensidad: 50 A/m, 150 A/m y 200 A/m) a frecuencias de 10 kHz y 100 kHz, y a 25°C, por medio de un medidor de LCR 4284A. La Tabla 1 muestra la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m, la permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m, la permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(150)}$ a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m, y la permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(200)}$ a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 200 A/m. La Fig. 3 muestra la relación entre la permeabilidad específica de AC μ_r y la intensidad de campo magnético (frecuencia: 10 kHz) en el núcleo magnético anular de una cinta de 16 μm de grosor.

Cada uno de los núcleos magnéticos anulares (Muestras 1 a 5) se encerró en una carcasa aislante y se le proporcionó 1 espira de devanado, para medir la permeabilidad específica de AC μ_{r10k} y μ_{r100k} a una amplitud de voltaje de 0,5 Vrms, a frecuencias de 10-100 kHz, y a una temperatura de 25°C, por medio de un analizador de impedancia/fase de ganancia 4194A. También se midió una frecuencia f_{50} , a la cual se obtuvo la permeabilidad específica μ_r correspondiente a un 50% de la permeabilidad específica μ_{r10k} a una frecuencia de 10 kHz. Los resultados se muestran en la Tabla 1. La Fig. 4 muestra las características de frecuencia de la permeabilidad específica μ_r de una cinta de 16 μm de grosor.

Tabla 1-1

Muestras	Grosor (μm)	Coercitividad H_c (A/m)	Densidad de flujo magnético B_{400} (T)	Relación de cuadratura (%)
1-1	16	1,6	1,30	0,8
1-2	18	1,4	1,32	0,7
1-3	23	0,8	1,33	0,4
1-4	18	1,4	1,30	0,8
1-5	18	1,4	1,30	0,6

Tabla 1-2

Muestras	$\mu_{Max}^{(1)}$ (x 10 ³)	Permeabilidad específica de AC μ_r (x 10 ³)			
		A una frecuencia de 10 kHz		A una frecuencia de 100 kHz	
		$\mu_{r10k(150)}^{(2)}$	$\mu_{r10k(200)}^{(3)}$	$\mu_{r100k(50)}^{(4)}$	$\mu_{r100k(150)}^{(5)}$
1-1	5,1	4,9	2,7	4,2	2,9
1-2	5,0	4,5	2,5	4,0	2,5
1-3	5,0	4,7	2,7	4,1	2,9
1-4	5,0	4,7	2,2	4,2	3,0
1-5	5,0	4,2	1,4	4,7	3,7

Nota: (1) la permeabilidad máxima a una intensidad de campo magnético DC de 400 A/m.

(2) Medida a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m.

5 (3) Medida a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 200 A/m.

(4) Medida a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m.

(5) Medida a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m.

Tabla 1-3

Muestras	Características de frecuencia de la permeabilidad específica de AC μ_r (x 10 ³)		
	μ_{r10k}	μ_{r100k}	f50 (MHz)
1-1	4,5	4,5	1,7
1-2	4,5	4,5	1,5
1-3	4,5	4,5	0,8
1-4	4,6	4,3	1,0
1-5	4,9	4,8	1,0

10 Queda claro que el núcleo magnético anular producido de acuerdo con la presente invención tiene una relación de cuadratura pequeña, una excelente constancia de permeabilidad, y una variación pequeña de la permeabilidad específica de AC con la frecuencia, aunque manteniendo una alta densidad de flujo magnético. También tiene una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(50)}$ de 4.000 ó superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 50 A/m, una permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(150)}$ de 4.000 ó superior a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m, una permeabilidad específica de AC $\mu_{r100k(150)}$ de 2.500 ó superior a una frecuencia de 100 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 150 A/m, y una permeabilidad específica de AC $\mu_{r10k(200)}$ de 2.000 ó superior a una frecuencia de 10 kHz y una intensidad de campo magnético DC de 200 A/m. De este modo, el núcleo magnético anular producido de acuerdo con la presente invención tiene una permeabilidad específica de AC alta en un intervalo que va desde un campo magnético bajo a un campo magnético alto. Además, el núcleo magnético anular formado con la cinta delgada tiene excelentes características de frecuencia, con una menor reducción en la permeabilidad específica de AC.

25 **Ejemplo comparativo 1**

A una cinta (grosor: 18 μ m) de una aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe (FT-3KL en Hitachi Metals, Ltd.) se le dio forma de núcleo toroidal con un diámetro exterior de 36,0 mm, un diámetro interior de 17,5 mm y una anchura de 25 mm, y se cargó en una carcasa, en torno a la cual se devanaron 8 espiras de un hilo metálico esmaltado con un diámetro de 2,5 mm para producir una bobina de choque.

Ejemplo 2

35 A la cinta (grosor: 18 μ m) producida en el Ejemplo 1 se le dio forma de núcleo toroidal con un diámetro exterior de 36,0 mm, un diámetro interior de 17,5 mm y una anchura de 25 mm, y se cargó en una carcasa, en torno a la cual se devanaron 17 espiras de un hilo metálico esmaltado con un diámetro de 2,5 mm para producir una bobina de choque. En la Fig. 5 se muestra la impedancia de la bobina de choque. Como queda claro a partir de la Fig. 5, la bobina de choque del Ejemplo 2 presentaba un excelente rendimiento en cuanto a impedancia en un intervalo que va desde una frecuencia baja a una frecuencia alta.

40 Las bobinas de choque del Ejemplo 2 y el Ejemplo Comparativo 1 se evaluaron con respecto a las características de la inductancia con superposición de una corriente DC. Los resultados se muestran en la Fig. 6. Tal como queda claro a partir de la Fig. 6, la bobina de choque del Ejemplo 2 resultó mejor que la correspondiente del Ejemplo Comparativo 1 en cuanto a características de inductancia con superposición de corriente DC.

45

Ejemplo 3

A la cinta (grosor: 18 μm) producida en el Ejemplo 1 se le dio forma de núcleo toroidal con un diámetro exterior de 17,8 mm, un diámetro interior de 13,8 mm y una anchura de 25 mm, el cual se usó, a continuación, para producir una bobina de choque de modo común trifásica que se muestra en la Fig. 7. El núcleo magnético anular se introdujo en una carcasa aislante 6, en la cual se introdujo una placa divisora central 8 para dividir regiones del devanado. Se formó un devanado de 3 espiras 7a, 7b, 7c de cada fase devanando un hilo metálico esmaltado con un diámetro de 2,5 mm. En la Fig. 8 se muestran las características de frecuencia para la impedancia y la inductancia en la bobina de choque de modo común trifásica. En la figura, una línea continua indica inductancia, y una línea de trazos indica impedancia. Tal como claro a partir de la Fig. 8, la bobina de choque de modo común trifásica del Ejemplo 3 presentó un excelente rendimiento en cuanto a impedancia desde una banda de frecuencias bajas a una banda de frecuencias altas.

Ejemplo 4

La bobina de choque de modo común trifásica producida en el Ejemplo 2 se usó para producir un filtro de ruido mostrado en la Fig. 9. El filtro de ruido resultante presentó una atenuación excelente al ruido de baja frecuencia, al ruido de alta frecuencia y al ruido de impulsos, así como una reducción notable del ruido de emisiones conducidas en un intervalo amplio de frecuencia de 150 kHz a 30 MHz.

Ejemplo 5

A cada una de las masas fundidas de aleación que presentaba la composición (% atómico) mostrada en la Tabla 2 se le dio forma de cinta con un grosor de 16 μm y una anchura de 53 mm, de la misma manera que en el Ejemplo 1. Cada una de las cintas se cortó en dos cintas de 25 mm de ancho. Cada una de las cintas se devanó para obtener un núcleo toroidal (factor de espacio: 0,9) con un diámetro exterior de 24,5 mm, un diámetro interior de 21 mm y una anchura de 25 mm. Cada uno de los núcleos toroidales se sometió al mismo tratamiento térmico en campo magnético que en el Ejemplo 1, para obtener un núcleo toroidal de una aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe. Las permeabilidades específicas de AC $\mu\text{r}_{100\text{k}(50)}$, $\mu\text{r}_{100\text{k}(150)}$, $\mu\text{r}_{10\text{k}(150)}$ y $\mu\text{r}_{10\text{k}(200)}$ de cada núcleo toroidal se midieron de la misma manera que en el Ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2-1

Muestras	Composición de la aleación (% atómico)					
	Fe	Ni	Cu	Nb	Si	B
5-1	70,96	5,04	0,85	2,81	10,9	9,44
5-2	70,95	4,95	0,85	2,77	11,0	9,48
5-3	70,79	4,91	0,85	2,77	10,9	9,78
5-4	70,90	5,03	0,85	2,78	11,0	9,44
5-5	71,22	4,93	0,86	2,77	10,9	9,32
5-6	70,87	5,03	0,85	2,77	11,0	9,48
5-7	70,96	5,04	0,85	2,81	10,9	9,44

Tabla 2-2

Muestras	Permeabilidad específica de AC μr ($\times 10^3$)			
	A una frecuencia de 10 kHz		A una frecuencia de 100 kHz	
	$\mu\text{r}_{10\text{k}(150)}^{(2)}$	$\mu\text{r}_{10\text{k}(200)}^{(2)}$	$\mu\text{r}_{100\text{k}(50)}^{(3)}$	$\mu\text{r}_{100\text{k}(150)}^{(4)}$
5-1	4,9	2,7	4,2	2,9
5-2	4,9	2,6	4,1	2,6
5-3	4,2	1,4	4,7	3,7
5-4	4,5	2,4	4,0	2,5
5-5	4,6	2,5	4,0	2,7
5-6	4,7	2,1	4,1	2,9
5-7	4,7	2,2	4,2	3,0

Nota: (1)-(4) Igual que en las Notas (2)-(5) bajo la Tabla 1-2.

Tal como queda claro a partir de la Tabla 2, se obtuvieron características buenas de permeabilidad específica de AC particularmente cuando B se situó en un intervalo del 9,32 al 9,78% atómico.

Efecto de la invención

5 Puesto que el núcleo magnético anular producido de acuerdo con la presente invención es resistente a la saturación magnética, manteniendo una alta permeabilidad en una corriente grande, presenta un alto rendimiento en cuanto a reducción del ruido de voltaje y excelentes características de atenuación de impulsos, adecuadas para filtros de choque ligeros, pequeños, con el fin de reducir el ruido en una banda amplia de frecuencias. Además, no requiere un entrehierro magnético necesario cuando se usa una aleación magnética blanda, nanocristalina, basada en Fe, que tiene una alta permeabilidad, dando como resultado el número reducido de etapas de procesado. Además, ventajosamente no experimenta el cambio de características por magnetostricción, a diferencia de las aleaciones amorfas basadas en Fe.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de producción de un núcleo magnético anular que comprende devanar una cinta de aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, en la cual parte del Fe está sustituida con Ni y/o Co, y tratar térmicamente la cinta en un campo magnético de 1.000 A/m o superior aplicado en una dirección de anchura de la cinta a una temperatura igual o superior a una temperatura de inicio de cristalización con una velocidad de elevación de la temperatura de 5°C/minuto o inferior; en donde dicha cinta de aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, comprende Ni y/o Co de un 4 a un 6% atómico, de un 0,1 a un 2% atómico de Cu, de un 0,1 a un 4% atómico de Nb, de un 10 a un 11,5% atómico de Si, y de un 9,2 a un 10% atómico de B, y en donde dicha cinta de aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, comprende más de un 75,5% atómico en total de Fe y Ni y/o Co.
- 15 2. Método de producción de un núcleo magnético anular según la reivindicación 1, en donde dicha cinta de aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, tiene un grosor de 10 a 25 µm.
3. Método de producción de un núcleo magnético anular según la reivindicación 2, en donde dicha cinta de aleación magnética blanda, nanocrystalina, basada en Fe, tiene un grosor de 14 a 25 µm.
- 20 4. Método de producción de un dispositivo magnético que comprende el núcleo magnético anular producido con el método expuesto en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en una carcasa de resina, estando fijada parte de dicho núcleo magnético anular con un adhesivo.
- 25 5. Método de producción de un dispositivo magnético según la reivindicación 4, en donde un conductor penetra a través de una parte hueca de dicho núcleo magnético anular.
6. Método de producción de un dispositivo magnético según la reivindicación 4, en donde un conductor está devanado en torno a dicho núcleo magnético anular.

Fig. 1

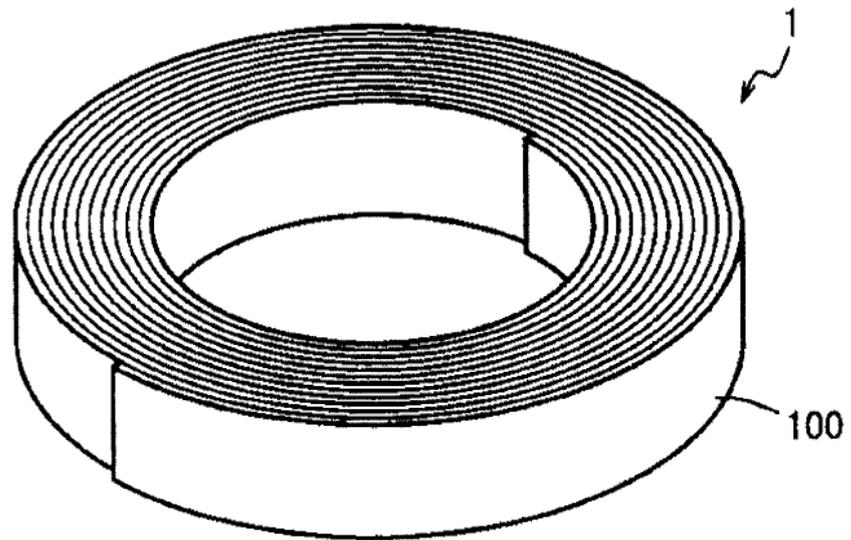


Fig. 2

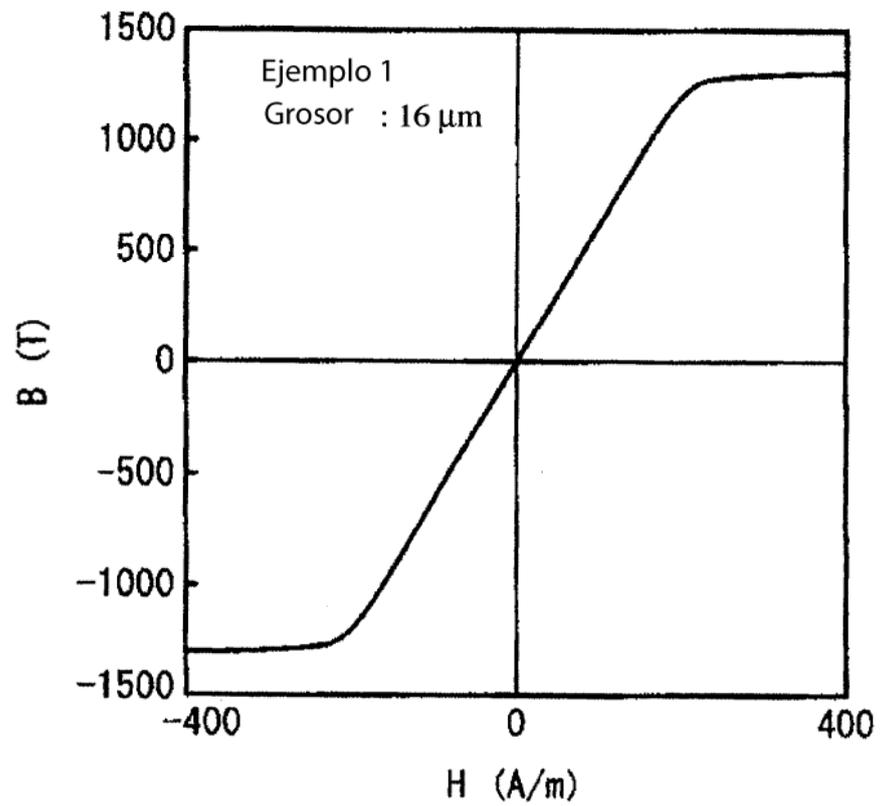


Fig. 3

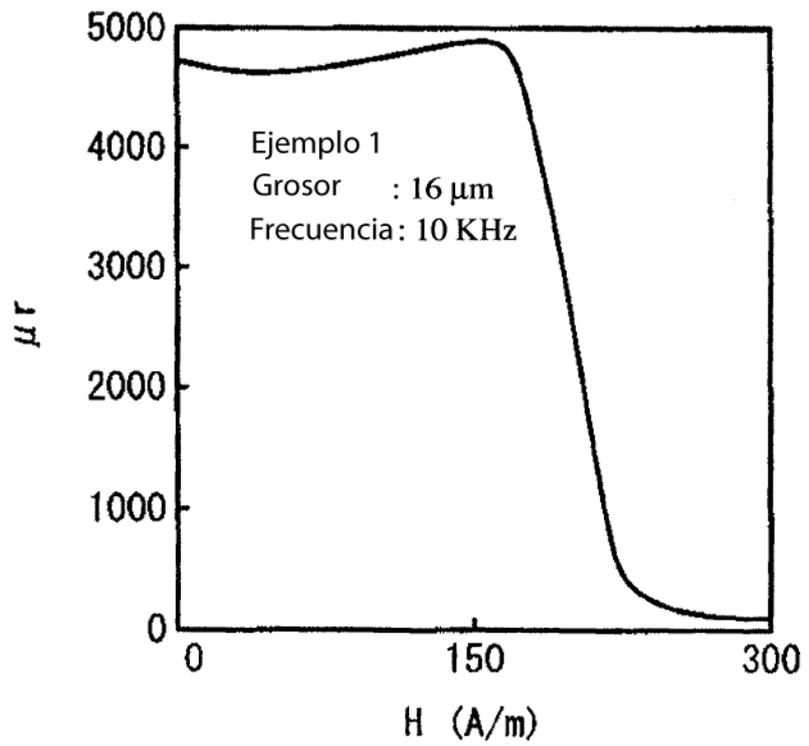


Fig. 4

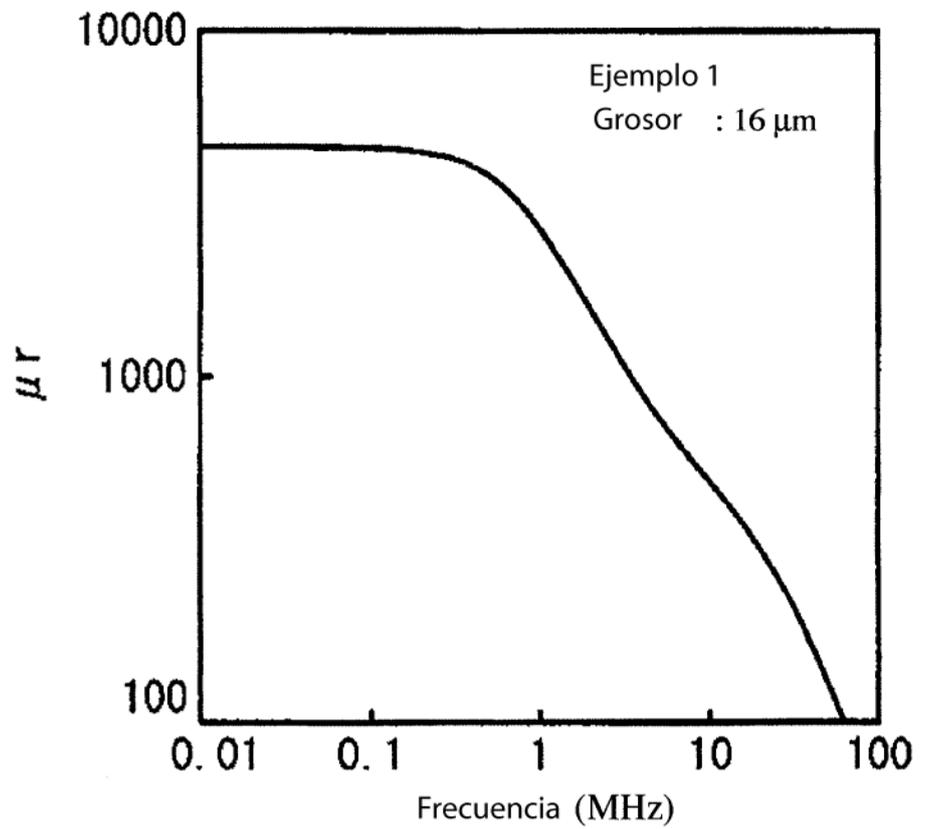


Fig. 5

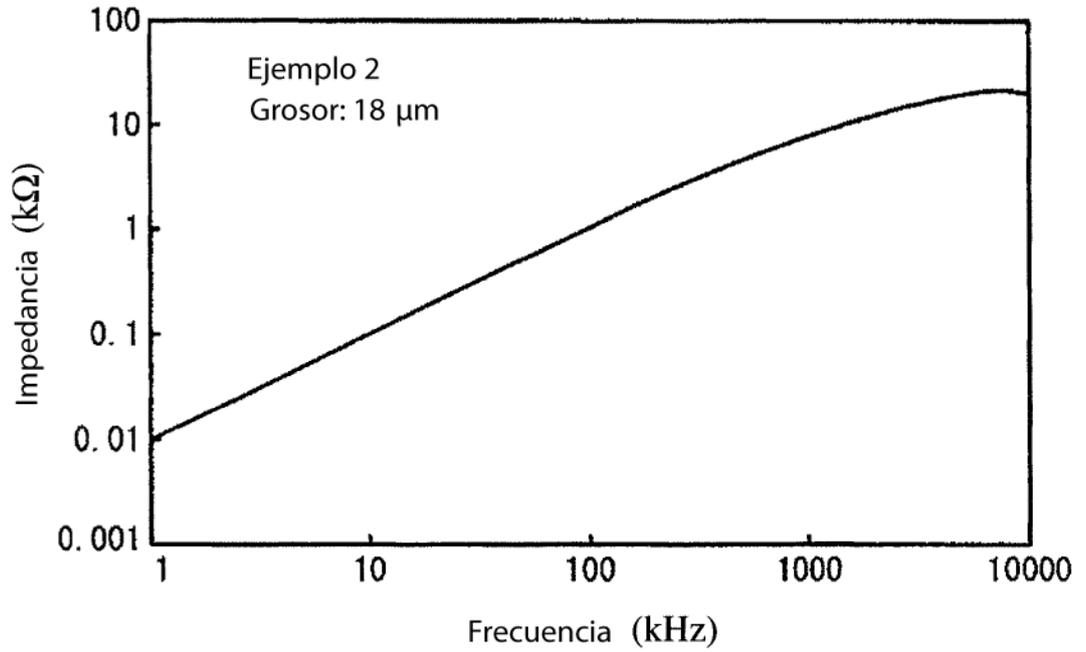


Fig. 6

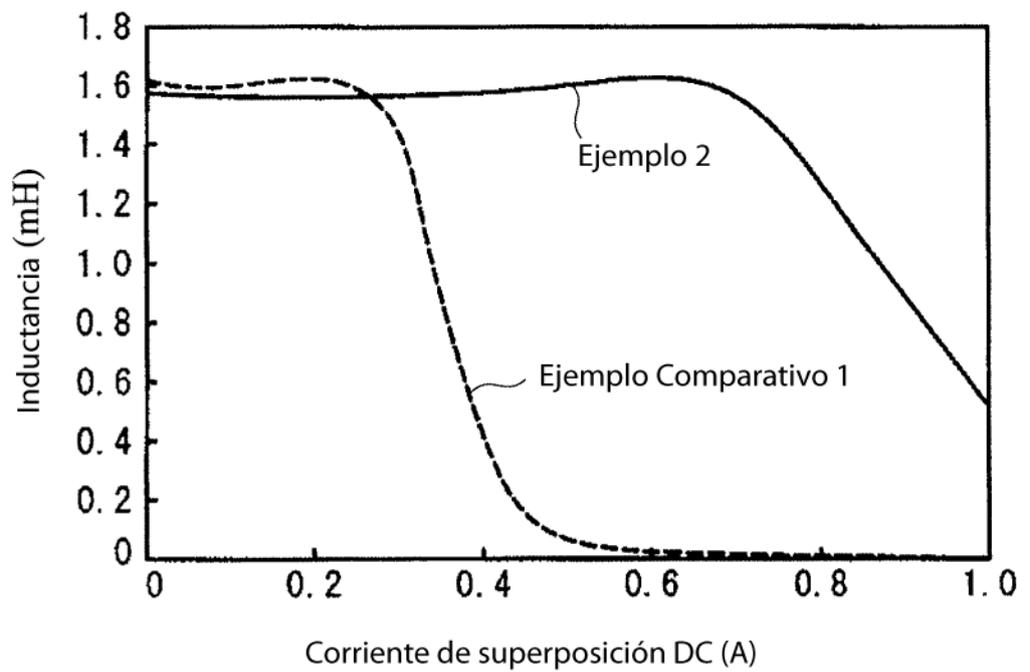


Fig. 7

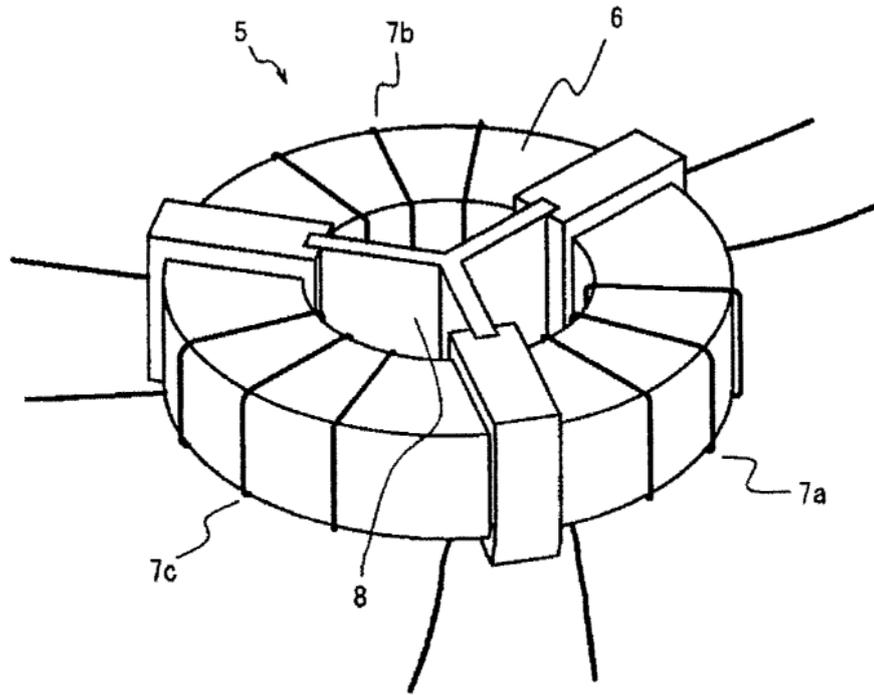


Fig. 8

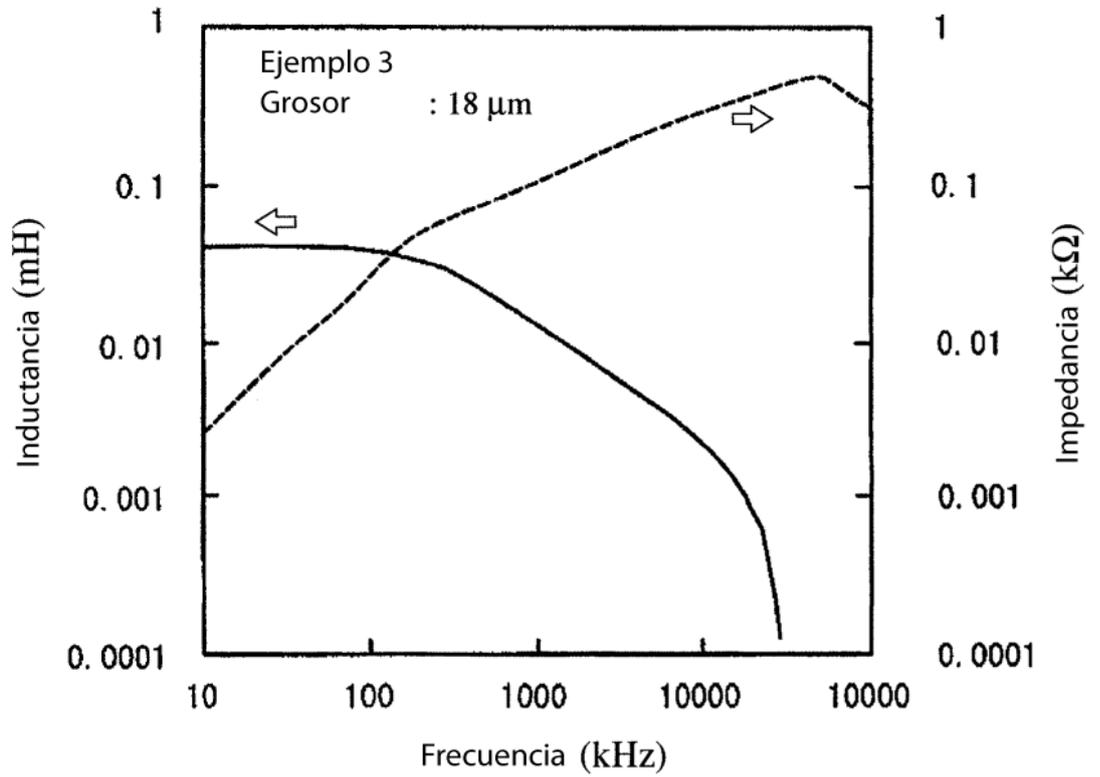


Fig. 9

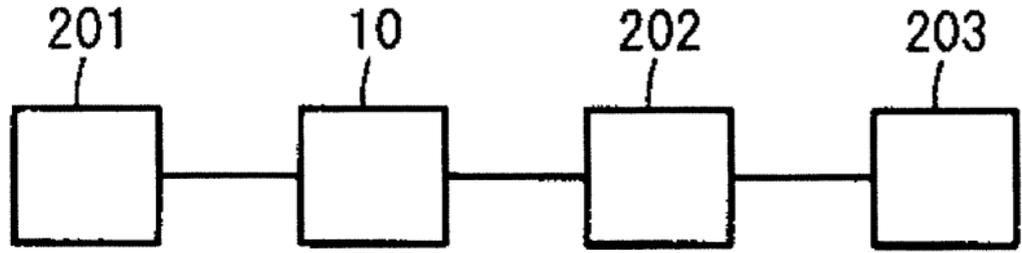


Fig. 10

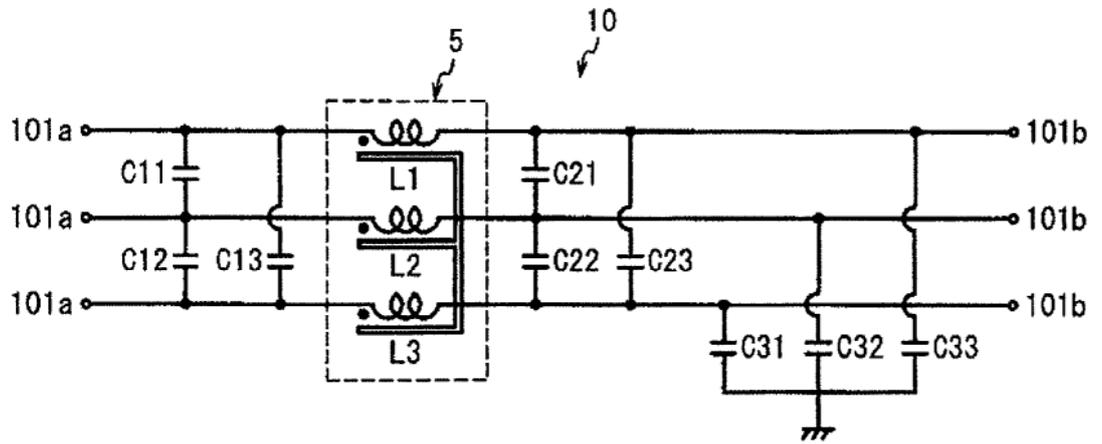


Fig. 11(a)

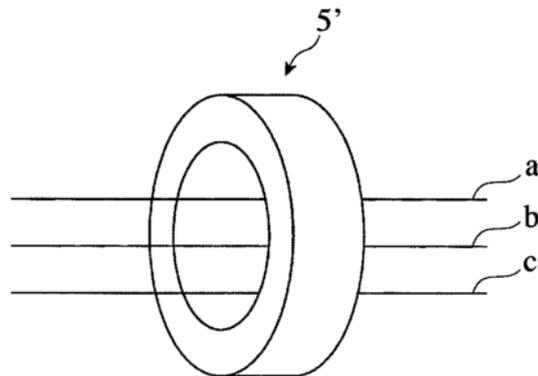


Fig. 11(b)

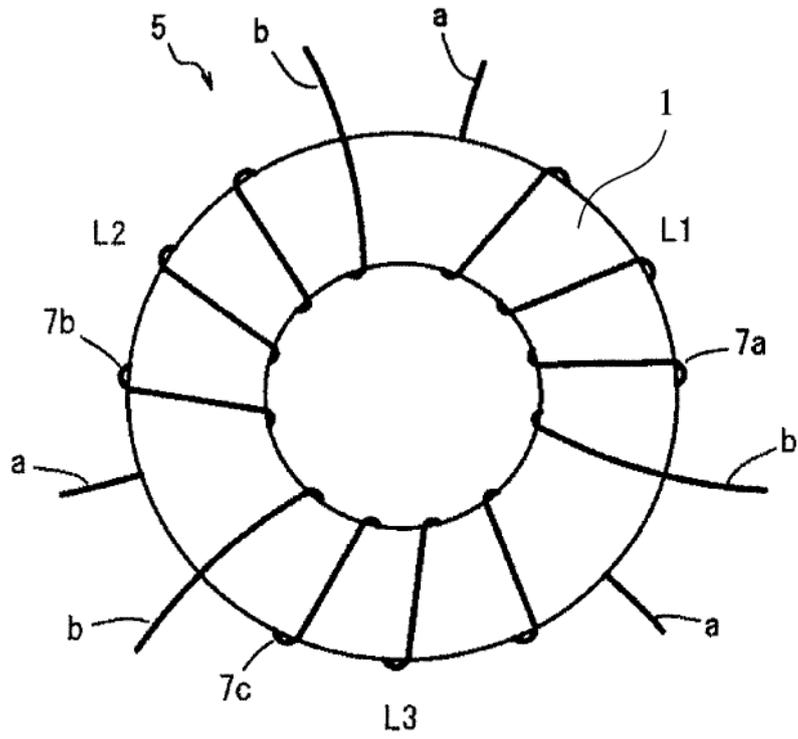


Fig. 12

