

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 644**

51 Int. Cl.:

H01F 1/057	(2006.01) C22C 38/10	(2006.01)
H01F 41/02	(2006.01) C22C 38/12	(2006.01)
B22F 9/02	(2006.01) C22C 38/14	(2006.01)
B22F 9/04	(2006.01) C22C 38/16	(2006.01)
C22C 28/00	(2006.01)	
C22C 30/00	(2006.01)	
C22C 33/04	(2006.01)	
C22C 38/00	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	
C22C 38/04	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2020 PCT/CN2020/100586**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2021 WO21098223**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2020 E 20889698 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024 EP 4016559**

54 Título: **Material magnético de neodimio-hierro-boro, composición de materia prima, método de preparación para el mismo y uso del mismo**

30 Prioridad:

21.11.2019 CN 201911150996

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.08.2024

73 Titular/es:

**FUJIAN GOLDEN DRAGON RARE-EARTH CO., LTD. (100.0%)
Industrial New Developed Zone, Changting
Longyan City, Fujian Province 366300, CN**

72 Inventor/es:

**FU, GANG;
HUANG, JIAYING;
HUANG, JIXIANG y
QUAN, QICHEN**

74 Agente/Representante:

CALLE LÓPEZ, Alejandro

ES 2 977 644 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

Material magnético de neodimio-hierro-boro, composición de materia prima, método de preparación para el mismo y uso del mismo

5

Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un material magnético de neodimio-hierro-boro y a una composición de materia prima, a un método de preparación para el mismo y a un uso del mismo.

10

Antecedentes

El material magnético de neodimio-hierro-boro (NdFeB) con $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ como componente principal tiene alta remanencia (denominada Br), fuerza coercitiva y producto de energía máxima (denominado BHmax), que tiene excelentes propiedades magnéticas integrales, y se puede usar en la generación de energía eólica, vehículos de nueva energía, aparatos inversores, etc. En la actualidad, el componente de tierras raras en los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro de la técnica anterior suele ser principalmente neodimio, con sólo una pequeña cantidad de praseodimio. En la actualidad, aunque hay algunos informes en la técnica anterior de que reemplazar una parte de neodimio con praseodimio puede mejorar el rendimiento del material magnético, el grado de mejora es limitado, todavía no se hay ninguna mejora significativa y es necesario añadir elementos de tierras raras pesadas relativamente costosos.

15

20

Contenido de la presente invención

El problema técnico que se resolverá en la presente divulgación es superar el defecto de que la fuerza coercitiva y la remanencia del material magnético no se pueden mejorar significativamente después de reemplazar parcialmente el neodimio por praseodimio en la técnica anterior, y la presente divulgación proporciona un material magnético de neodimio-hierro-boro, una composición de materia prima, un método de preparación para el mismo y un uso del mismo. El material magnético de neodimio-hierro-boro en la presente divulgación aumenta el contenido de praseodimio y galio al mismo tiempo, lo que puede superar el defecto de la técnica anterior de que la coercitividad no se puede mejorar significativamente aumentando el alto contenido de praseodimio o el alto contenido de galio solos, y la remanencia y la fuerza coercitiva del material magnético de neodimio-hierro-boro resultante son relativamente altas sin añadir un elemento pesado de tierras raras.

25

30

La presente divulgación resuelve los problemas técnicos anteriores a través de las siguientes soluciones técnicas.

35

La presente invención también proporciona una composición de materia prima de material magnético de acuerdo con la reivindicación 1, las reivindicaciones dependientes 2-4 limitan adicionalmente la composición.

La presente invención proporciona además un método de preparación para material magnético de neodimio-hierro-boro, que emplea la composición de materia prima mencionada anteriormente de material magnético de neodimio-hierro-boro para su preparación, de acuerdo con la reivindicación 5.

40

En la presente divulgación, el método de preparación comprende las siguientes etapas: el líquido fundido de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro se somete a fusión y colada, decrepitación de hidrógeno, formación, sinterización y tratamiento de envejecimiento.

45

En la presente divulgación, el líquido fundido de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro se puede preparar mediante métodos convencionales en la técnica, por ejemplo, mediante fusión en un horno de fusión por inducción al vacío de alta frecuencia. El grado de vacío del horno de fusión puede ser de 5×10^{-2} Pa. La temperatura de la fusión puede ser de 1500 °C o menos.

50

En la presente divulgación, el proceso de colada puede ser un proceso de colada convencional en la técnica, por ejemplo: enfriamiento en una atmósfera de Ar gaseoso (por ejemplo, en una atmósfera de Ar gaseoso de $5,5 \times 10^4$ Pa) a una velocidad de 10^2 °C/s- 10^4 °C/s.

55

En la presente divulgación, el proceso de decrepitación de hidrógeno puede ser un proceso de decrepitación de hidrógeno convencional en la técnica. Por ejemplo, sometimiento a un tratamiento de absorción de hidrógeno, deshidrogenación y enfriamiento.

60

En donde, la absorción de hidrógeno se puede realizar en la condición de una presión de hidrógeno de 0,15 MPa.

En donde, la deshidrogenación se puede realizar en la condición de calentamiento mientras se bombea al vacío.

5 En la presente divulgación, el proceso de pulverización después de la decrepitación de hidrógeno puede ser un proceso de pulverización convencional en la técnica, por ejemplo, pulverización con molino de chorro. La pulverización con molino de chorro se puede realizar preferentemente en una atmósfera de nitrógeno con un contenido de gas oxidante de 150 ppm o menos. El gas oxidante se refiere al contenido de oxígeno o humedad. La presión en la cámara de pulverización de la pulverización con molino de chorro puede ser preferentemente de 0,38 MPa; el tiempo para la pulverización con molino de chorro puede ser preferentemente de 3 horas.

10 En donde, después de la pulverización, se puede añadir al polvo un lubricante, por ejemplo, estearato de cinc, de acuerdo con medios convencionales en la técnica. La cantidad de adición de lubricante puede ser del 0,10-0,15 %, por ejemplo, del 0,12 %, en peso del polvo mezclado.

15 En la presente divulgación, el proceso de formación puede ser un proceso de formación convencional en la técnica, por ejemplo, un método de formación de campo magnético o un método de prensado y deformación en caliente.

20 En la presente divulgación, el proceso de sinterización puede ser un proceso de sinterización convencional en la técnica. Por ejemplo, precalentamiento, sinterización y enfriamiento en condiciones de vacío (por ejemplo, a un vacío de 5×10^{-3} Pa).

En donde, la temperatura de precalentamiento puede ser de 300-600 °C. El tiempo de precalentamiento puede ser de 1-2 h. Preferentemente, el precalentamiento se realiza durante 1 h a una temperatura de 300 °C y 600 °C, respectivamente.

25 En donde, la temperatura de sinterización es preferentemente 1030-1080 °C, por ejemplo, 1040 °C.

En donde, el tiempo de sinterización puede ser un tiempo de sinterización convencional en la técnica, por ejemplo, 2 h.

30 En donde, el enfriamiento puede ir precedido del paso de Ar gaseoso para llevar la presión del aire a 0,1 MPa.

En la presente divulgación, después de la sinterización y antes del tratamiento de envejecimiento, se realiza además preferentemente un tratamiento de difusión en el límite de grano.

35 En donde, el tratamiento de difusión en el límite de grano se puede realizar mediante un proceso convencional en la técnica. Por ejemplo, la sustancia que contiene Tb y/o la sustancia que contiene Dy se une a la superficie del material magnético de neodimio-hierro-boro mediante evaporación, recubrimiento o pulverización catódica y a continuación se realiza un tratamiento térmico de difusión.

40 La sustancia que contiene Tb puede ser un metal Tb, un compuesto que contiene Tb, por ejemplo, un fluoruro que contiene Tb o una aleación.

45 La sustancia que contiene Dy puede ser un metal Dy, un compuesto que contiene Dy, por ejemplo, un fluoruro que contiene Dy o una aleación.

La temperatura del tratamiento térmico de difusión puede ser de 800-900 °C, por ejemplo, 850 °C.

El tiempo del tratamiento térmico de difusión puede ser de 12-48 h, por ejemplo, 24 h.

50 En la presente divulgación, en el tratamiento de envejecimiento, la temperatura del tratamiento de envejecimiento secundario es preferentemente de 460-650 °C, por ejemplo, 500 °C.

55 En la presente divulgación, en el tratamiento de envejecimiento secundario, la temperatura se aumenta a 460-650 °C preferentemente a una velocidad de calentamiento de 3-5 °C/min. El punto de partida del aumento de temperatura puede ser la temperatura ambiente.

60 La presente invención proporciona un material magnético de neodimio-hierro-boro de acuerdo con la reivindicación 6, producido de la composición de materia prima de las reivindicaciones 1-4. Las reivindicaciones dependientes 7 y 8 limitan adicionalmente la composición de material magnético. La reivindicación 9 especifica el uso en un motor.

Los reactivos y las materias primas usados en la presente divulgación están disponibles comercialmente.

El progreso positivo de la presente invención es el siguiente: en la técnica anterior, añadir praseodimio y galio al material magnético de neodimio-hierro-boro puede aumentar la coercitividad, pero al mismo tiempo reducir la remanencia. El inventor proporcionó una gran cantidad de experimentos y encontró que la compatibilidad de un contenido específico de praseodimio y galio puede producir un efecto sinérgico, es decir, añadir un contenido específico de praseodimio y galio al mismo tiempo puede mejorar significativamente la coercitividad del material magnético de neodimio-hierro-boro y solo reducir ligeramente la remanencia. Y la remanencia y la fuerza coercitiva del material magnético en la presente divulgación son ambas relativamente altas sin añadir un elemento pesado de tierras raras.

10 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra el diagrama de distribución de elementos formado por escaneo de superficie FE-EPMA del material magnético de neodimio-hierro-boro preparado en el Ejemplo 23.

15 La figura 2 muestra el diagrama de distribución de elementos en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro preparado en el Ejemplo 23, y 1 en la figura muestra el punto tomado por análisis cuantitativo en el límite de grano.

20 La figura 3 muestra el diagrama de distribución de elementos de la región triangular intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro preparado en el Ejemplo 23, y 1 en la figura muestra el punto tomado por análisis cuantitativo en la región triangular intergranular.

Descripción detallada de la realización preferida

25 Los siguientes ejemplos ilustran adicionalmente la presente divulgación, pero la presente divulgación no se limita a los mismos. Los métodos experimentales en los que las condiciones específicas no se indican en las siguientes realizaciones se seleccionan de acuerdo con métodos y condiciones convencionales, o de acuerdo con la especificación del producto. El % en peso en las siguientes tablas se refiere al porcentaje en masa del contenido de cada componente en la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro, y "/" indica que el elemento no se añadió. "Br" se refiere a la densidad de flujo magnético residual y "Hcj" se refiere a la coercitividad intrínseca.

Las formulaciones de las composiciones de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro en los ejemplos y los ejemplos comparativos se muestran en la Tabla 1 a continuación.

35

Tabla 1. Formulaciones para las composiciones de materia prima de los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro en los ejemplos y los ejemplos comparativos (% en peso)

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
1	13,85	17,15	/	/	/	0,25	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,765
2	13,85	17,15	/	/	/	0,27	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,745
3	12,35	18,15	/	/	/	0,29	/	/	/	/	/	/	/	0,985	68,225
4	12,85	18,15	/	/	/	0,31	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,705
5	12,35	19,15	/	/	/	0,33	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,185
6	12,85	19,15	/	/	/	0,35	/	/	/	/	/	/	/	0,985	66,665
7	11,35	20,15	/	/	/	0,37	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,145
8	11,35	20,15	/	/	/	0,39	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,125
9	10,85	21,15	/	/	/	0,41	/	/	/	/	/	/	/	0,985	66,605
10	10,65	21,15	/	/	/	0,43	/	/	/	/	/	/	/	0,985	66,785
11	8,85	22,15	/	/	/	0,45	/	/	/	/	/	/	/	0,95	67,6
12	7,85	23,15	/	/	/	0,47	/	/	/	/	/	/	/	0,96	67,57
13	6,85	24,15	/	/	/	0,49	/	/	/	/	/	/	/	0,97	67,54
14	5,85	25,15	/	/	/	0,6	/	/	/	/	/	/	/	0,98	67,42
15	4,85	26,15	/	/	/	0,7	/	/	/	/	/	/	/	0,99	67,31
16	3,85	27,15	/	/	/	0,8	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,215

ES 2 977 644 T3

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
17	2,85	27,85	/	/	/	0,9	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,415
18	1,85	28,85	/	/	/	1,0	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,315
19	13,65	17,15	/	/	/	0,3	0,1	/	/	/	/	/	/	0,985	67,815
20	13,35	17,15	/	/	/	0,47	0,25	/	/	/	/	/	/	0,985	67,795
21	10,85	21,15	/	/	/	0,53	0,5	/	/	/	/	/	/	0,985	65,985
22	10,85	21,15	/	/	/	1,0	0,7	/	/	/	/	/	/	0,985	65,315
23	7,85	23,15	/	/	/	0,49	/	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,325
24	7,85	23,15	/	/	/	0,51	/	0,45	/	/	/	/	/	0,985	67,055
25	5,85	24,15	/	2	/	0,53	/	0,6	/	/	/	/	/	1	65,87
26	5,85	24,15	0,3	1,7	/	0,55	/	0,8	/	/	/	/	/	1,1	65,55
27	9,85	20,15	0,3	1,2	/	0,57	/	/	0,1	/	0,01	/	/	1,2	66,62
28	9,85	20,15	0,1	1,4	/	0,28	/	/	0,25	/	0,015	/	/	1,2	66,755
29	11,15	20,15	/	0,5	/	0,32	/	/	0,28	/	0,013	/	/	0,985	66,602
30	11,15	20,15	/	0,5	/	0,36	/	/	0,3	/	0,018	/	/	0,985	66,537
31	6,15	23,15	0,1	1,5	/	0,7	/	/	0,35	/	/	/	/	0,985	67,065
32	6,15	23,15	0,2	1,4	/	0,8	/	/	0,4	/	/	/	/	0,985	66,915
32.1	7,85	23,15	0,5	/	/	0,85	/	/	0,25	/	0,01	/	/	0,985	66,405
32.2	7,85	23,15	/	1	/	0,95	/	/	0,3	/	0,013	/	/	0,985	65,752
33	6,85	24,15	0,3	0,7	/	1,0	/	/	/	1	/	/	/	0,985	65,015
34	6,85	24,15	0,3	0,7	/	0,25	0,1	0,2	/	/	/	/	/	0,985	66,465
35	6,85	24,15	0,3	0,7	/	0,4	0,2	0,4	/	/	/	/	/	0,985	66,015
36	5,85	24,15	0,2	0,8	/	0,5	0,4	0,6	/	/	/	/	/	0,985	66,515
37	5,85	24,15	0,2	0,8	/	1,0	0,8	1	/	/	/	/	/	0,985	65,215
38	12,35	19,15	/	/	/	0,3	0,2	/	0,1	/	/	/	/	0,985	66,915
39	11,75	19,15	/	/	/	1,0	0,4	/	0,25	/	/	/	/	0,985	66,465
40	12,35	17,15	0,3	0,7	/	0,3	/	0,05	0,1	/	/	/	/	0,985	68,065
41	12,35	17,15	0,3	0,7	/	0,35	/	0,1	0,25	/	/	/	/	0,985	67,815
42	11,75	19,15	/	/	/	0,45	/	0,3	0,28	/	/	/	/	0,985	67,085
43	11,75	19,15	/	/	/	0,6	/	0,6	0,3	/	/	/	/	0,985	66,615
44	12,85	18,15	/	/	/	0,25	0,35	0,02	0,15	/	/	/	/	0,985	67,245
45	12,85	18,15	/	/	/	0,28	0,45	0,03	0,25	/	/	/	/	0,985	67,005
46	11,75	19,15	/	/	/	0,36	0,48	0,1	0,26	/	/	/	/	0,985	66,915
47	11,75	19,15	/	/	/	0,38	0,5	0,03	0,27	/	/	/	/	0,985	66,935
48	9,85	20,15	0,2	1	/	0,55	0,55	0,02	0,28	/	/	/	/	0,985	66,415
49	9,85	20,15	0,2	1	/	0,6	0,58	0,03	0,29	/	/	/	/	0,985	66,315
49.1	6,15	23,15	/	2	/	0,7	0,35	0,02	0,25	/	/	/	/	0,985	66,395
49.2	6,15	23,15	/	1	/	0,8	0,45	0,02	0,25	/	/	/	/	0,985	67,195
49.3	5,85	25,15	1		/	0,9	0,45	0,03	0,3	/	/	/	/	0,985	65,335
49.4	5,85	25,15	/	/	/	1	0,5	0,03	0,3	/	/	/	/	0,985	66,185
50	9,55	20,15	0,2	1	1	0,3	/	0,05	/	/	/	0,02	0,05	0,985	66,695
51	11,75	19,15	/	/	1	0,45	/	0,12	/	/	/	0,05	0,02	0,985	66,475

ES 2 977 644 T3

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
52	12,85	18,15	/	/	1	0,6	/	0,15	/	/	/	0,05	0,05	0,985	66,165
55	6,85	24,15	/	/	/	0,1	0,1	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,615
56	6,85	24,15	/	/	/	0,2	0,1	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,515
57	15,15	15,85	/	/	/	0,25	0,1	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,465
58	22,15	8,85	/	/	/	0,25	0,1	0,2	/	/	/	/	/	0,985	67,465

Ejemplo 1

Los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro se prepararon de la siguiente manera:

5

(1) Proceso de fusión y colada: De acuerdo con las formulaciones que se muestran en la Tabla 1, las materias primas preparadas se colocaron en un crisol hecho de alúmina y se fundieron al vacío en un horno de fusión por inducción al vacío de alta frecuencia y en un vacío de 5×10^{-2} Pa a una temperatura de 1500 °C o menos. Después de la fusión al vacío, el horno de fusión se alimentó con Ar gaseoso para hacer que la presión del aire alcanzara $5,5 \times 10^4$ Pa y a continuación se realizó la colada y se usó una velocidad de enfriamiento de 10^2 °C/s - 10^4 °C/s para obtener la aleación de enfriamiento.

10

(2) Proceso de decrepitación de hidrógeno: El horno de fusión con la aleación de enfriamiento colocada en el mismo se evacuó a temperatura ambiente y a continuación se pasó hidrógeno gaseoso con una pureza del 99,9 % al horno para la decrepitación de hidrógeno para mantener la presión de hidrógeno en 0,15 MPa; después de una absorción suficiente de hidrógeno, se deshidrogenó suficientemente calentándolo mientras se realizaba un bombeo al vacío; a continuación se enfrió y se extrajo el polvo después de la decrepitación de hidrógeno.

15

(3) Proceso de micropulverización: El polvo después de la decrepitación de hidrógeno se pulverizó mediante un molino de chorro durante 3 horas en una atmósfera de nitrógeno con un contenido de gas oxidante de 150 ppm o menos y en la condición de una presión de 0,38 MPa en la cámara de pulverización, y se obtuvo un polvo fino. El gas oxidante se refiere a oxígeno o humedad.

20

(4) Se añadió estearato de cinc al polvo después de la pulverización con molino de chorro, y la cantidad de adición de estearato de cinc fue del 0,12 % en peso del polvo mezclado, y a continuación se mezcló completamente usando un mezclador en V.

25

(5) Proceso de formación de campo magnético: Se usó una máquina formadora de campo magnético orientado rectangular para realizar la formación primaria del polvo mencionado anteriormente con estearato de cinc en un cubo con laterales de 25 mm en un campo magnético de orientación de 1,6 T y una presión de formación de 0,35 ton/cm²; después de la formación primaria, se desmagnetizó en un campo magnético de 0,2 T. Para evitar que el cuerpo formado después de la formación primaria entrara en contacto con el aire, este se selló y a continuación se realizó la formación secundaria a una presión de 1,3 ton/cm² usando una máquina formadora secundaria (máquina formadora isostática).

30

35

(6) Proceso de sinterización: Cada cuerpo formado se trasladó a un horno de sinterización para la sinterización, la sinterización se mantuvo en un vacío de 5×10^{-3} Pa y a una temperatura de 300 °C y 600 °C durante 1 hora, respectivamente; a continuación, se sinterizó a una temperatura de 1040 °C durante 2 horas; y a continuación se pasó Ar gaseoso para hacer que la presión del aire alcanzara 0,1 MPa y se enfrió a temperatura ambiente para obtener un cuerpo sinterizado.

40

(7) Proceso de tratamiento de envejecimiento: El cuerpo sinterizado se trató térmicamente con Ar gaseoso de alta pureza a una temperatura de 500 °C durante 3 horas y a continuación se enfrió a temperatura ambiente y se recogió.

45

Ejemplo 53. Uso del método de difusión en el límite de grano de Dy

La composición de materia prima del Ejemplo 1 en la Tabla 1 se preparó primero de acuerdo con la preparación del cuerpo sinterizado del Ejemplo 1 para obtener un cuerpo sinterizado, seguido de difusión en el límite de grano y a continuación tratamiento de envejecimiento. A este respecto, el proceso de tratamiento de envejecimiento es el mismo que en el Ejemplo 1, y el procedimiento de procesamiento de difusión en el límite de grano es el siguiente:

50

El cuerpo sinterizado se procesó en un imán con un diámetro de 20 mm y un grosor inferior a 3 mm, y la dirección del grosor es la dirección de orientación del campo magnético, después de limpiar la superficie, las materias primas

formuladas con fluoruro de Dy se usaron para recubrir el imán mediante una pulverización completa, y el imán recubierto se secó, y el metal con elemento Tb se unió a la superficie del imán mediante pulverización catódica en una atmósfera de Ar gaseoso de alta pureza, el tratamiento térmico de difusión se realizó a una temperatura de 850 °C durante 24 horas. Se enfrió a temperatura ambiente.

5

Ejemplo 54. Uso del método de difusión en el límite de grano de Tb

El número 1 en la Tabla 1 se preparó primero de acuerdo con la preparación del cuerpo sinterizado del Ejemplo 1 para obtener un cuerpo sinterizado, seguido de difusión en el límite de grano y a continuación tratamiento de envejecimiento. A este respecto, el proceso de tratamiento de envejecimiento es el mismo que en el Ejemplo 1, y el procedimiento de procesamiento de difusión en el límite de grano es el siguiente:

El cuerpo sinterizado se procesó en un imán con un diámetro de 20 mm y un grosor inferior a 7 mm, y la dirección del grosor es la dirección de orientación del campo magnético, después de limpiar la superficie, las materias primas formuladas con fluoruro de Tb se usaron para recubrir el imán mediante una pulverización completa, y el imán recubierto se secó, y el metal con elemento Tb se unió a la superficie del imán mediante pulverización catódica en una atmósfera de Ar gaseoso de alta pureza, el tratamiento térmico de difusión se realizó a una temperatura de 850 °C durante 24 horas. Se enfrió a temperatura ambiente.

20 Ejemplo de efecto

Se midieron las propiedades magnéticas y las composiciones de los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro fabricados en los Ejemplos 1-54 y los Ejemplos comparativos 55-58, y se observó la estructura de fase cristalina de los imanes usando un microanalizador de sonda electrónica de emisión de campo (FE-EPMA).

25

(1) Evaluación de las propiedades magnéticas: Las propiedades magnéticas se examinaron usando el sistema de medición no destructivo de imán permanente de tierras raras a granel NIM-10000H tipo BH en el Instituto Nacional de Metrología, China. La siguiente Tabla 2 indica los resultados de las pruebas de propiedades magnéticas, en donde 1kG=0,1 T y 1kOe=79,6 kA/m.

30

Tabla 2

N.º	Br(kGs)	Hcj(kOe)	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 80 °C	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 150 °C	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 180 °C
1	14,12	18,24	0,689	/	/
2	14,09	18,38	0,685	/	/
3	14,34	18,07	0,692	/	/
4	14,21	18,55	0,672	/	/
5	13,90	19,52	0,668	/	/
6	13,79	19,88	0,664	/	/
7	13,81	20,04	0,648	/	/
8	13,79	20,18	0,642	/	/
9	13,72	20,79	0,638	/	/
10	13,74	20,84	0,632	/	/
11	13,91	20,88	0,631	/	/
12	13,93	21,27	0,612	/	/
13	13,88	21,52	0,609	/	/
14	13,73	22,66	0,591	/	/
15	13,58	23,55	0,577	/	/
16	13,46	24,52	/	0,532	/
17	13,38	25,01	/	0,518	/
18	13,23	25,8	/	0,513	/
19	14,07	19,03	0,673	/	/
20	13,92	20,18	0,649	/	/
21	13,05	24,07	/	0,556	/
22	12,45	28,23	/	0,503	/
23	13,98	21,88	0,623	/	/
24	13,75	22,61	0,617	/	/
25	12,7	30,6	/	/	0,437

ES 2 977 644 T3

N.º	Br(kGs)	Hcj(kOe)	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 80 °C	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 150 °C	Valor absoluto del coeficiente de temperatura de Hcj a 180 °C
26	12,5	30,9	/	/	0,435
27	13,35	26,2	/	0,513	/
28	13,4	24,64	/	0,530	/
29	13,6	21,75	0,605	/	/
30	13,57	22,03	0,619	/	/
31	13,82	26,32	/	0,509	/
32	13,75	26,91	/	0,506	/
32.1	13,21	25,65	/	0,518	/
32.2	12,79	28,89	/	0,496	/
33	12,7	28,63	/	0,495	/
34	13,3	24,53	/	0,535	/
35	13,1	26,03	/	0,519	/
36	12,95	28,33	/	0,502	/
37	11,72	33,83	/	/	0,422
38	13,66	20,47	0,638	/	/
39	12,9	25,9	/	0,513	/
40	13,94	21,63	0,623	/	/
41	13,9	22,19	0,624	/	/
42	13,93	20,97	0,633	/	/
43	13,7	22,72	0,611	/	/
44	13,68	20,38	0,641	/	/
45	13,47	21,17	0,629	/	/
46	13,33	22,24	0,617	/	/
47	13,51	22,48	0,615	/	/
48	13,09	27,27	/	0,516	/
49	13,05	27,79	/	0,512	/
49.1	12,89	31,2	/	/	0,439
49.2	13,18	28,28	/	0,492	/
49.3	12,73	28,73	/	0,488	/
49.4	12,68	29,43	/	0,471	/
50	13,43	23,51	0,573	/	/
51	12,85	25,57	/	0,518	/
52	12,68	26,37	/	0,512	/
53	13,95	24,5	/	0,535	/
54	13,98	29,3	/	0,472	/
55	13,85	18,69	0,668	/	/
56	13,82	18,75	0,666	/	/
57	13,95	17,51	0,672	/	/
58	14,19	15,79	0,749	/	/

(2) Determinación de la composición: Los componentes se determinaron usando un espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente de alta frecuencia (ICP-OES). La siguiente Tabla 3 muestra los resultados de las pruebas de composición.

5

Tabla 3. Resultados de la prueba de composición (% en peso)

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
1	13,848	17,151	/	/	/	0,248	/	/	/	/	/	/	/	0,984	67,769
2	13,856	17,150	/	/	/	0,268	/	/	/	/	/	/	/	0,987	67,784
3	12,451	18,132	/	/	/	0,291	/	/	/	/	/	/	/	0,983	68,143
4	12,89	18,148	/	/	/	0,312	/	/	/	/	/	/	/	0,983	67,667
5	12,345	19,149	/	/	/	0,332	/	/	/	/	/	/	/	0,986	67,188
6	12,851	19,149	/	/	/	0,352	/	/	/	/	/	/	/	0,984	66,664
7	11,355	20,147	/	/	/	0,371	/	/	/	/	/	/	/	0,987	67,14

ES 2 977 644 T3

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
8	11,352	20,148	/	/	/	0,392	/	/	/	/	/	/	/	0,983	67,125
9	10,851	21,146	/	/	/	0,413	/	/	/	/	/	/	/	0,983	66,607
10	10,651	21,148	/	/	/	0,433	/	/	/	/	/	/	/	0,986	66,782
11	8,851	22,148	/	/	/	0,452	/	/	/	/	/	/	/	0,949	67,6
12	7,852	23,149	/	/	/	0,472	/	/	/	/	/	/	/	0,956	67,571
13	6,853	24,151	/	/	/	0,492	/	/	/	/	/	/	/	0,969	67,535
14	5,852	25,152	/	/	/	0,589	/	/	/	/	/	/	/	0,982	67,425
15	4,852	26,151	/	/	/	0,712	/	/	/	/	/	/	/	0,991	67,294
16	3,848	27,152	/	/	/	0,82	/	/	/	/	/	/	/	0,985	67,195
17	2,848	27,851	/	/	/	0,912	/	/	/	/	/	/	/	0,984	67,405
18	1,852	28,852	/	/	/	1,03	/	/	/	/	/	/	/	0,987	67,279
19	13,651	17,149	/	/	/	0,301	0,1	/	/	/	/	/	/	0,983	67,816
20	13,348	17,147	/	/	/	0,471	0,25	/	/	/	/	/	/	0,983	67,801
21	10,848	21,148	/	/	/	0,531	0,5	/	/	/	/	/	/	0,984	65,989
22	10,849	21,148	/	/	/	1,02	0,7	/	/	/	/	/	/	0,987	65,296
23	7,849	23,148	/	/	/	0,491	/	0,202	/	/	/	/	/	0,983	67,327
24	7,849	23,147	/	/	/	0,512	/	0,451	/	/	/	/	/	0,983	67,058
25	5,848	24,148	/	2,001	/	0,531	/	0,603	/	/	/	/	/	1,02	65,849
26	5,848	24,148	0,301	1,701	/	0,551	/	0,801	/	/	/	/	/	1,11	65,54
27	9,848	20,148	0,302	1,21	/	0,572	/	/	0,1	/	0,01	/	/	1,19	66,62
28	9,848	20,149	0,101	1,42	/	0,281	/	/	0,25	/	0,015	/	/	1,18	66,756
29	11,149	20,154	/	0,502	/	0,323	/	/	0,28	/	0,013	/	/	0,984	66,595
30	11,148	20,151	/	0,503	/	0,361	/	/	0,3	/	0,018	/	/	0,987	66,532
31	6,147	23,152	0,101	1,492	/	0,703	/	/	0,35	/	/	/	/	0,983	67,072
32	6,148	23,152	0,202	1,402	/	0,804	/	/	0,4	/	/	/	/	0,983	66,909
32.1	7,846	23,152	0,51	/	/	0,848	/	/	0,248	/	0,02	/	/	0,984	66,392
32.2	7,851	23,15	/	1,02	/	0,951	/	/	0,301	/	0,014	/	/	0,984	65,729
33	6,847	24,151	0,303	0,702	/	1,03	/	/	/	1	/	/	/	0,986	64,981
34	6,846	24,152	0,301	0,703	/	0,252	0,102	0,202	/	/	/	/	/	0,984	66,458
35	6,848	24,151	0,302	0,704	/	0,402	0,205	0,402	/	/	/	/	/	0,984	66,002
36	5,845	24,152	0,202	0,802	/	0,502	0,405	0,602	/	/	/	/	/	0,987	66,503
37	5,85	24,152	0,203	0,802	/	1,03	0,803	1,02	/	/	/	/	/	0,983	65,157
38	12,347	19,153	/	/	/	0,302	0,202	/	0,1	/	/	/	/	0,983	66,913
39	11,748	19,151	/	/	/	1,02	0,402	/	0,25	/	/	/	/	0,984	66,445
40	12,347	17,149	0,301	0,703	/	0,303	/	0,04	0,1	/	/	/	/	0,987	68,07
41	12,35	17,145	0,301	0,705	/	0,351	/	0,102	0,25	/	/	/	/	0,983	67,813
42	11,746	19,146	/	/	/	0,451	/	0,301	0,28	/	/	/	/	0,983	67,093
43	11,748	19,149	/	/	/	0,602	/	0,601	0,3	/	/	/	/	0,986	66,614
44	12,848	18,148	/	/	/	0,251	0,352	0,02	0,15	/	/	/	/	0,984	67,247
45	12,848	18,146	/	/	/	0,281	0,451	0,03	0,25	/	/	/	/	0,987	67,007
46	11,751	19,149	/	/	/	0,362	0,481	0,101	0,26	/	/	/	/	0,984	66,912
47	11,752	19,148	/	/	/	0,38	0,502	0,02	0,27	/	/	/	/	0,987	66,941
48	9,852	20,147	0,202	1,01	/	0,55	0,552	0,02	0,28	/	/	/	/	0,983	66,404
49	9,851	20,146	0,203	1,02	/	0,6	0,581	0,03	0,29	/	/	/	/	0,983	66,296
49.1	6,149	23,151	/	2,01	/	0,701	0,351	0,01	0,251	/	/	/	/	0,984	66,393

ES 2 977 644 T3

N.º	Nd	Pr	Dy	Tb	Ho	Ga	Cu	Al	Zr	Co	Mn	Zn	Mo	B	Fe
49.2	6,151	23,151	/	1,02	/	0,791	0,452	0,01	0,252	/	/	/	/	0,986	67,187
49.3	5,852	25,152	1,03	/	/	0,892	0,451	0,03	0,301	/	/	/	/	0,984	65,308
49.4	5,851	25,152	/	/	/	1,02	0,501	0,04	0,302	/	/	/	/	0,984	66,15
50	9,549	20,148	0,203	1,03	1,02	0,3	/	0,05	/	/	/	0,01	0,06	0,986	66,644
51	11,747	19,148	/	/	1,01	0,45	/	0,12	/	/	/	0,06	0,03	0,984	66,451
52	12,848	18,146	/	/	0,99	0,6	/	0,15	/	/	/	0,04	0,03	0,987	66,209
53	13,849	17,152	0,421	/	/	0,247	/	/	/	/	/	/	/	0,984	67,347
54	13,848	17,151	/	0,501	/	0,249	/	/	/	/	/	/	/	0,984	67,267
55	6,846	24,148	/	/	/	0,1	0,101	0,2	/	/	/	/	/	0,984	67,621
56	6,845	24,148	/	/	/	0,2	0,103	0,2	/	/	/	/	/	0,987	67,517
57	15,148	15,849	/	/	/	0,25	0,102	0,2	/	/	/	/	/	0,983	67,468
58	22,146	8,849	/	/	/	0,25	0,102	0,2	/	/	/	/	/	0,983	67,47

5 Inspección FE-EPMA: La superficie orientada perpendicularmente del material magnético del Ejemplo 23 se pulió y se inspeccionó usando un microanalizador de sonda electrónica de emisión de campo (FE-EPMA) (Japan Electronics Corporation (JEOL), 8530F). Los principales elementos analizados son Pr, Nd, Ga, Zr, O, y los elementos en el límite de grano y la región triangular intergranular se analizaron cuantitativamente.

10 La figura 1 muestra el diagrama de distribución de cada elemento en el material magnético de neodimio-hierro-boro. A partir de la Figura 1, se puede observar que los elementos Pr y Nd se distribuyen principalmente en la fase principal, algunas tierras raras también aparecen en el límite de grano, y el elemento Ga también se distribuye en la fase principal y la fase cristalina, el elemento Zr se distribuye en el límite de grano.

15 La figura 2 muestra la distribución de elementos en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 23, y los elementos en el límite de grano se analizaron cuantitativamente tomando el punto marcado con 1 en la figura 2, los resultados se muestran en la Tabla 4 a continuación:

Tabla 4

Pr (% en peso)	Nd (% en peso)	Ga (% en peso)	Zr (% en peso)	O (% en peso)	Fe (% en peso)
37,8	28,2	5,26	0,08	0,69	Resto

20 A partir de los datos anteriores, se puede observar claramente que Pr y Nd existen en forma de fases y óxidos ricos en tierras raras en los límites de grano, α -Pr y α -Nd, Pr_2O_3 , Nd_2O_3 y NdO, respectivamente, y Ga ocupa un determinado contenido de aproximadamente el 5,26 % en peso en los límites de los granos, además de la fase principal, Zr está disperso en toda la región como un elemento de alto punto de fusión.

25 La figura 3 muestra la distribución de elementos de la región triangular intergranular de los materiales magnéticos de neodimio-hierro-boro del Ejemplo 23, y los elementos en la región triangular intergranular se analizaron cuantitativamente tomando el punto marcado con 1 en la figura 3, y los resultados se muestran en la Tabla 5 a continuación:

Tabla 5

Pr (% en peso)	Nd (% en peso)	Ga (% en peso)	Zr (% en peso)	O (% en peso)	Fe (% en peso)
27,8	29,5	4,95	0,039	0,95	Resto

30 En la región triangular intergranular se distribuyen los elementos Pr y Nd, en las formulaciones con alto contenido de Pr, se encuentra claramente que el contenido de Pr es evidentemente inferior al de Nd en la región triangular intergranular, aunque algunas tierras raras están enriquecidas aquí, el grado de enriquecimiento de Pr es menor que el de Nd, que es una de las razones por las que el alto contenido de Pr y el alto contenido de Ga trabajan juntos para mejorar la coercitividad. Al mismo tiempo, se produce una distribución parcial de O y Ga.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de materia prima de material magnético de neodimio-hierro-boro, que comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa, en donde el porcentaje se refiere al porcentaje en masa del contenido de cada componente en la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro:
- 29,5-32 % de R', en donde R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en donde, $Pr \geq 17,15 \%$; 0,25-1,05 % de Ga;
0,9-1,2 % de B;
- 64-69 % de Fe; caracterizada por que $Cu \geq 0,35 \%$;
 $Al \leq 0,03 \%$;
0,25-0,3 % de Zr.
2. La composición de materia prima de acuerdo con la reivindicación 1, en donde, el contenido de Pr es del 17,15-29 %, preferentemente del 17,15 %, 18,15 %, 19,15 %, 20,15 %, 21,15 %, 22,15 %, 23,15 %, 24,15 %, 25,15 %, 26,15 %, 27,15 %, 27,85 % o del 28,85 %;
- y/o, el contenido de Nd es del 1,85-14 %, preferentemente del 1,85 %, 2,85 %, 3,85 %, 4,85 %, 5,85 %, 6,15 %, 6,85 %, 7,85 %, 8,85 %, 9,85 %, 10,65 %, 10,85 %, 11,15 %, 11,35 %, 11,75 %, 12,35 %, 12,85 %, 13,65 % o del 13,85 %;
- y/o, la relación de la masa de Nd con respecto a la masa total de R' es de 0,5 o menos, preferentemente 0,1-0,45;
- y/o, el R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, preferentemente Y;
- y/o, R' comprende además RH, RH es un elemento pesado de tierras raras; preferentemente, el tipo de RH incluye uno o más de Dy, Tb y Ho, más preferentemente Dy y/o Tb; la relación en masa de RH con respecto a R' es preferentemente $< 0,253$, más preferentemente del 0-0,07 %; preferentemente, el contenido de RH es del 1-2,5 %; cuando RH contiene Tb, el contenido de Tb es preferentemente del 0,5 %-2 %, cuando RH contiene Dy, el contenido de Dy es preferentemente del 1 % o menos; cuando RH contiene Ho, el contenido de Ho es preferentemente del 0,8-2 %;
- y/o, el contenido de Ga es del 0,25-1 %, preferentemente del 0,25 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,3 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,4 %, 0,41 %, 0,43 %, 0,45 %, 0,47 %, 0,49 %, 0,5 %, 0,51 %, 0,53 %, 0,55 %, 0,57 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,85 %, 0,9 %, 0,95 % o del 1 %;
- y/o, el contenido de B es del 0,95-1,2 %, preferentemente del 0,95 %, 0,96 %, 0,97 %, 0,98 %, 0,985 %, 1 %, 1,1 % o del 1,2 %;
- y/o, el contenido de Fe es del 65-68,3 %, preferentemente del 65,015 %, 65,215 %, 65,315 %, 65,335 %, 65,55 %, 65,752 %, 65,87 %, 65,985 %, 66,015 %, 66,165 %, 66,185 %, 66,315 %, 66,395 %, 66,405 %, 66,415 %, 66,465 %, 66,475 %, 66,515 %, 66,537 %, 66,602 %, 66,605 %, 66,615 %, 66,62 %, 66,665 %, 66,695 %, 66,755 %, 66,785 %, 66,915 %, 66,915 %, 66,935 %, 67,005 %, 67,055 %, 67,065 %, 67,085 %, 67,125 %, 67,145 %, 67,185 %, 67,195 %, 67,215 %, 67,245 %, 67,31 %, 67,315 %, 67,325 %, 67,415 %, 67,42 %, 67,54 %, 67,57 %, 67,6 %, 67,705 %, 67,745 %, 67,765 %, 67,795 %, 67,815 %, 68,065 % o del 68,225 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Cu; preferentemente, el contenido de Cu es 0,35-0,8 %, preferentemente 0,35 %, 0,4 %, 0,45 %, 0,48 %, 0,5 %, 0,55 %, 0,58 %, 0,7 % o del 0,8 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al; preferentemente, el contenido de Al es 0,01-0,03 %, preferentemente 0,02 % o 0,03 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr; preferentemente, el contenido de Zr es 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 % o 0,3 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co; preferentemente, el contenido de Co es del 0,5-2 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Mn; preferentemente, el contenido de Mn es del 0,02 % o menos, preferentemente del 0,01 %, 0,013 %, 0,015 % o del 0,018 %;
- y/o, la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta, Hf y W; el contenido de Zn es preferentemente del 0,1 % o menos, más preferentemente del 0,01-0,08 %; en donde, el contenido de Mo es preferentemente del 0,1 % o menos, más preferentemente del 0,01-0,08 %.
3. La composición de materia prima de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde R' comprende además RH, RH es un elemento pesado de tierras raras, el contenido de RH es preferentemente del 1-2,5 %; el contenido de Cu es preferentemente del 0,35-0,8 %; el contenido de Pr es preferentemente del 17,15-29 %.
4. La composición de materia prima de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende los siguientes

ES 2 977 644 T3

componentes en porcentaje en masa: 29,5-32 % de R', R' es un elemento de tierras raras e incluye Pr y Nd; en donde, $Pr \geq 17,15$ %; 0,25-1,05 % de Ga; $Mn \leq 0,02$ %; 0,25-0,3 % de Zr; 0,9-1,2 % de B; 64-69 % de Fe;

5 preferentemente, R' comprende además RH, RH es un elemento pesado de tierras raras, el contenido de RH es preferentemente del 1-2,5 %; el contenido de Pr es preferentemente del 17,15-29 %; el contenido de Ga es preferentemente del 0,8-1 %.

5. Un método de preparación para un material magnético de neodimio-hierro-boro, que emplea la composición de materia prima de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 para su preparación;

10 preferentemente, el método de preparación comprende las siguientes etapas: el líquido fundido de la composición de materia prima de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 se somete a fusión y colada, decrepitación de hidrógeno, formación, sinterización y tratamiento de envejecimiento.

6. Un material magnético de neodimio-hierro-boro, que comprende los siguientes componentes en porcentaje en masa, en donde el porcentaje se refiere al porcentaje en masa del contenido de cada componente en la masa total de la composición de materia prima del material magnético de neodimio-hierro-boro:

15 29,5-32 % de R', R' comprende Pr y Nd; en donde, $Pr \geq 17,15$ %;

 0,245-1,05 % de Ga;

 0,9-1,2 % de B;

 64-69 % de Fe; caracterizado en que

20 0,35-0,9 % de Cu;

$\leq 0,03$ % de Al;

 0,25-0,3 % de Zr.

7. El material magnético de neodimio-hierro-boro de acuerdo con la reivindicación 6, en donde, el contenido de Pr es del 17,15-29 %, preferentemente del 17,145 %, 17,147 %, 17,149 %, 17,15 %, 17,151 %, 17,152 %, 18,132 %, 18,146 %, 18,148 %, 19,146 %, 19,148 %, 19,149 %, 19,149 %, 19,151 %, 19,153 %, 20,146 %, 20,147 %, 20,148 %, 20,149 %, 20,151 %, 20,154 %, 21,146 %, 21,148 %, 22,148 %, 23,147 %, 23,148 %, 23,149 %, 23,15 %, 23,151 %, 23,152 %, 24,148 %, 24,151 %, 24,152 %, 25,152 %, 26,151 %, 27,152 %, 27,851 % o del 28,852 %;

30 y/o, el contenido de Nd es del 1,85-14 %, preferentemente del 1,852 %, 2,848 %, 3,848 %, 4,852 %, 5,845 %, 5,848 %, 5,85 %, 5,851 %, 5,852 %, 6,147 %, 6,148 %, 6,149 %, 6,151 %, 6,846 %, 6,847 %, 6,848 %, 6,853 %, 7,846 %, 7,849 %, 7,851 %, 7,852 %, 8,851 %, 9,549 %, 9,848 %, 9,851 %, 9,852 %, 10,651 %, 10,848 %, 10,849 %, 10,851 %, 11,148 %, 11,149 %, 11,352 %, 11,355 %, 11,746 %, 11,747 %, 11,748 %, 11,751 %, 11,752 %, 12,345 %, 12,347 %, 12,35 %, 12,451 %, 12,848 %, 12,851 %, 12,89 %, 13,348 %, 13,651 %, 13,848 %, 13,849 % o del 13,856 %;

 y/o, la relación de la masa de Nd con respecto a la masa total de R' es $< 0,5$, preferentemente 0,06-0,45;

 y/o, R' comprende además otros elementos de tierras raras además de Pr y Nd, preferentemente Y;

40 y/o, R' comprende además RH, RH es un elemento pesado de tierras raras, el tipo de RH comprende preferentemente uno o más de Dy, Tb y Ho, preferentemente Dy y/o Tb; preferentemente, la relación en masa de RH y R' es preferentemente $< 0,253$, más preferentemente 0,01-0,07; el contenido de RH es preferentemente del 1-2,5 %; en donde, cuando RH comprende Tb, el contenido de Tb es del 0,5-2,01 %; en donde, cuando RH comprende Dy, el contenido de Dy es del 1,05 % o menos, preferentemente del 0,1-1,03 %; en donde, cuando RH comprende Ho, el contenido de Ho es preferentemente del 0,8-2 %;

45 y/o, el contenido de Ga es del 0,247-1,03 %, preferentemente del 0,247 %, 0,248 %, 0,249 %, 0,251 %, 0,252 %, 0,268 %, 0,281 %, 0,291 %, 0,3 %, 0,301 %, 0,302 %, 0,303 %, 0,312 %, 0,323 %, 0,332 %, 0,351 %, 0,352 %, 0,361 %, 0,362 %, 0,371 %, 0,38 %, 0,392 %, 0,402 %, 0,413 %, 0,433 %, 0,45 %, 0,451 %, 0,452 %, 0,471 %, 0,472 %, 0,491 %, 0,492 %, 0,502 %, 0,512 %, 0,531 %, 0,55 %, 0,551 %, 0,572 %, 0,589 %, 0,6 %, 0,602 %, 0,701 %, 0,703 %, 0,712 %, 0,791 %, 0,804 %, 0,82 %, 0,848 %, 0,892 %, 0,912 %, 0,951 %, 1,02 % o del 1,03 %;

50 y/o, el contenido de B es preferentemente del 0,95-1,2 %, preferentemente del 0,949 %, 0,956 %, 0,969 %, 0,982 %, 0,983 %, 0,984 %, 0,985 %, 0,986 %, 0,987 %, 0,991 %, 1,02 %, 1,11 %, 1,18 % o del 1,19 %;

 y/o, el contenido de Fe es del 64,8-68,2 %, preferentemente del 64,981 %, 65,157 %, 65,296 %, 65,308 %, 65,54 %, 65,729 %, 65,849 %, 65,9895 %, 66,002 %, 66,15 %, 66,209 %, 66,296 %, 66,392 %, 66,393 %, 66,404 %, 66,445 %, 66,451 %, 66,458 %, 66,503 %, 66,532 %, 66,595 %, 66,607 %, 66,6145 %, 66,62 %, 66,644 %, 66,664 %, 66,756 %, 66,782 %, 66,909 %, 66,912 %, 66,913 %, 66,941 %, 67,007 %, 67,058 %, 67,072 %, 67,093 %, 67,125 %, 67,14 %, 67,187 %, 67,188 %, 67,195 %, 67,247 %, 67,267 %, 67,279 %, 67,294 %, 67,327 %, 67,347 %, 67,405 %, 67,425 %, 67,468 %, 67,47 %, 67,517 %, 67,535 %, 67,571 %, 67,6 %, 67,621 %, 67,667 %, 67,739 %, 67,769 %, 67,801 %, 67,813 %, 67,816 %, 68,07 % o del 68,143 %;

60 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Cu; preferentemente, el contenido de Cu es del 0,35-0,9 %, más preferentemente del 0,351 %, 0,352 %, 0,402 %, 0,405 %, 0,451 %, 0,452 %, 0,481 %, 0,5 %, 0,501 %, 0,502 %, 0,552 %, 0,581 %, 0,7 % o del 0,803 %;

 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Al; preferentemente, el contenido

- de Al es del 0,01-0,03 %;
y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Zr; preferentemente, el contenido de Zr es del 0,3 % o menos;
y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Co; preferentemente, el contenido de Co es del 0,5-2 %;
- 5 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además Mn; preferentemente, el contenido de Mn es del 0,02 % o menos, más preferentemente del 0,01 %, 0,013 %, 0,015 %, 0,014 %, 0,018 % o del 0,02 %;
y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro comprende además O; preferentemente, el contenido de O es del 0,13 % o menos;
- 10 y/o, el material magnético de neodimio-hierro-boro puede comprender además uno o más de Zn, Ag, In, Sn, V, Cr, Mo, Ta, Hf y W; en donde, el contenido de Zn es preferentemente del 0,1 % o menos, más preferentemente del 0,01-0,08 %; en donde, el contenido de Mo es preferentemente del 0,1 % o menos, más preferentemente del 0,01-0,08 %.
- 15 8. Un material magnético de neodimio-hierro-boro, en donde, en la región triangular intergranular del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación de la masa total de Pr y Ga con respecto a la masa total de Nd y Ga $\leq 1,0$;
- 20 en el límite de grano del material magnético de neodimio-hierro-boro, la relación de la masa total de Pr y Ga con respecto a la masa total de Nd y Ga;
- preferentemente, los componentes del material magnético de neodimio-hierro-boro se refieren al material magnético de neodimio-hierro-boro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-7.
9. Un uso del material magnético de neodimio-hierro-boro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-8 como componente electrónico en un motor.
- 25

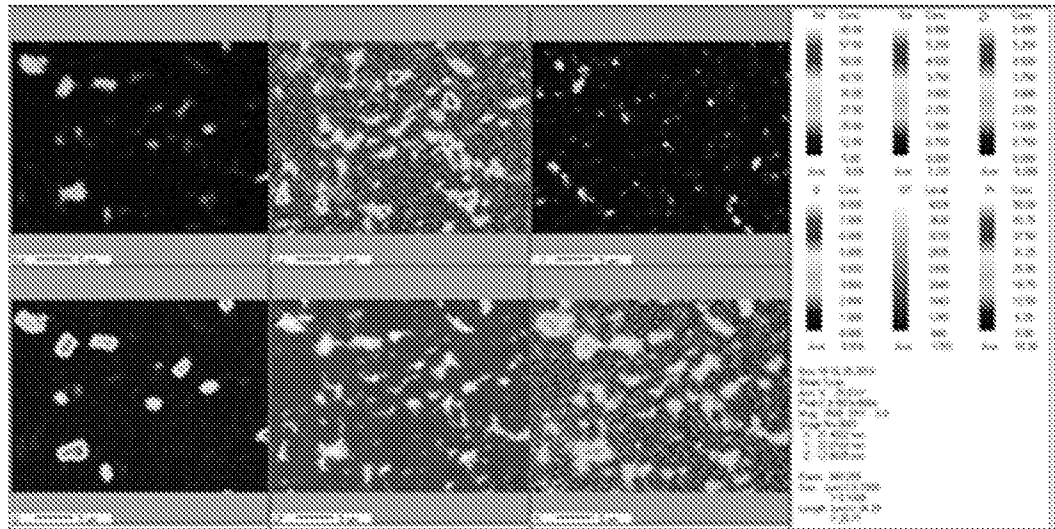


Figura 1

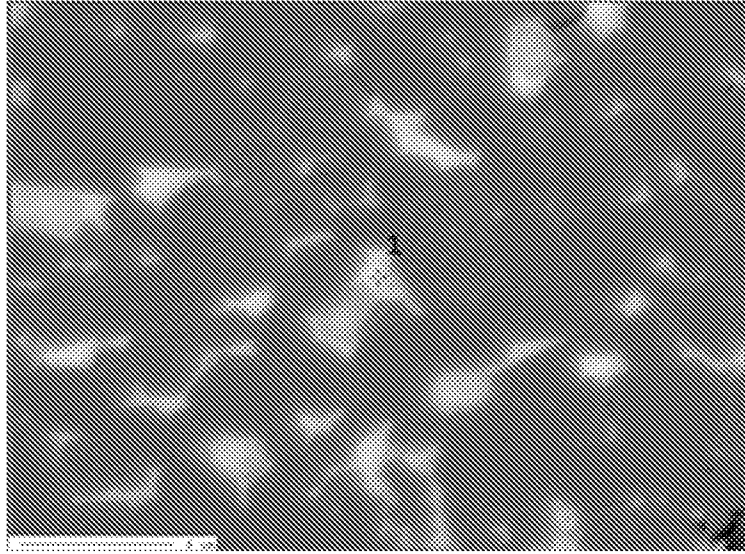


Figura 2

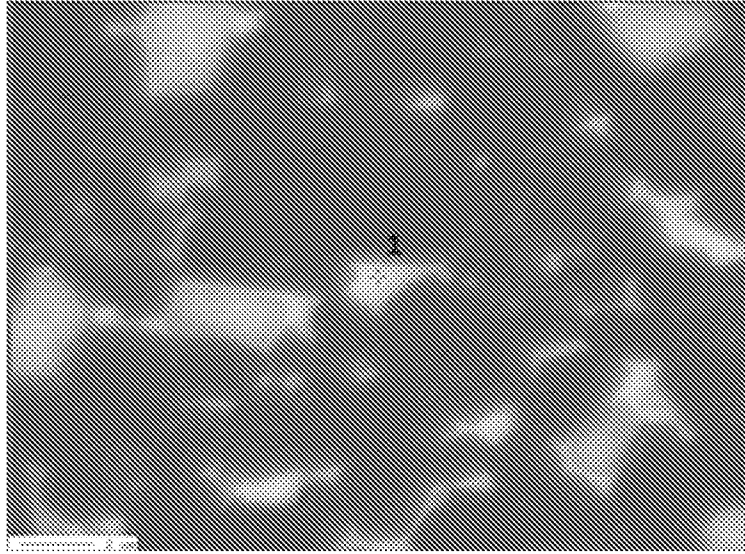


Figura 3