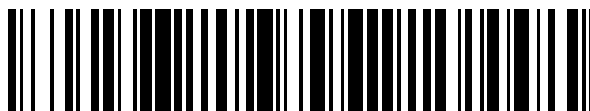


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 848**

51 Int. Cl.:

H01L 39/12 (2006.01)

C04B 35/45 (2006.01)

H01L 39/14 (2006.01)

H01L 39/24 (2006.01)

C04B 35/624 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2017 E 17158864 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3288090**

54 Título: **Superconductor de óxido y método para fabricar el mismo**

30 Prioridad:

23.08.2016 JP 2016163147
01.02.2017 JP 2017016474

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

29.01.2019

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (100.0%)
1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku
Tokyo 105-8001, JP

72 Inventor/es:

ARAKI, TAKESHI;
ISHII, HIROTAKA y
KOBAYASHI, NAO

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 697 848 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

Superconductor de óxido y método para fabricar el mismo

5 **Campo**

La presente divulgación se refiere a un superconductor de óxido y a un método para fabricar el mismo.

10 **Antecedentes**

15 La superconducción es un fenómeno para hacer que un valor de resistencia sea completamente nulo, que se encontró usando mercurio por el holandés Kamerring Onnes quien desarrolló un congelador. Posteriormente, se definió que la temperatura de transición de superconducción (T_c) era de 39 K mediante la teoría de Bardeen Cooper Schrieffer (BCS), pero esto fue la T_c de un primer tipo de superconductor.

20 En un segundo tipo superconductor encontrado por Bednorz o similares en 1986, se indicó un resultado mejor que 39 K, conduciendo al desarrollo de un superconductor de óxido que puede usarse a una temperatura de nitrógeno líquido. El superconductor de óxido es un segundo tipo de superconductor en el que se mezclan un estado de superconductor y un estado no de superconductor.

25 En la actualidad, ahora se comercializan muchos superconductores de óxido a alta temperatura que pueden usarse a una temperatura de nitrógeno líquido en un lote de 500 m. Se prevé la aplicación de un alambre superconductor en diversos aparatos grandes tales como un cable de transmisión de potencia superconductor, un horno de fusión nuclear, un tren de levitación magnética, un acelerador de partículas y un aparato de diagnóstico magnético (IRM).

30 Los ejemplos típicos de un superconductor de óxido a alta temperatura desarrollado incluyen un superconductor de alambre basado en bismuto denominado primera generación y un superconductor de alambre basado en itrio denominado segunda generación. Se ha producido sucesivamente la retirada de la fabricación de la primera generación que requiere plata en una cantidad del 60 % en volumen o más, y ahora extremadamente pocas empresas fabrican la primera generación a nivel mundial.

35 Por otro lado, la longitud de alambre comercializada total de la segunda generación en la que el sustrato es económico y la resistencia física es excelente es de más de 3000 km. Un sistema de cable de transmisión de potencia de CC de 50 MVA fabricado usando una gran cantidad de materiales de alambre tenía un resultado de rendimiento de funcionamiento de tres años o más en agosto de 2015. Desde septiembre de 2014, se ha hecho funcionar un sistema de cable de transmisión de potencia de CC que tenía una capacidad de 500 MVA. Una capacidad de transmisión de potencia de 500 MVA corresponde a la potencia de aproximadamente el 50 % de un reactor nuclear convencional.

40 El material de alambre se ha vendido en una longitud total de 3.000 km o más. Un gran contrato de 20 km o más de longitud de alambre, suministro del mismo y resultado de rendimiento de aplicación del mismo, usaron todos ellos materiales de alambre fabricados mediante un método de deposición organometálica usando trifluoroacetatos (TFA-MOD). El método de TFA-MOD es un primer método de fabricación que fabrica un material de alambre que tiene una longitud de 500 m de manera estable, puede suministrar el material de alambre en una gran cantidad y tiene un resultado de rendimiento de aplicación. Los ejemplos típicos de otro método de fabricación de segunda generación incluyen un método de deposición por láser pulsado (PLD) y un método de deposición química en fase de vapor de organometales (MOCVD). Sin embargo, ambos métodos tienen un problema en el control de la composición y en la actualidad no han logrado una producción en masa estable de un material de alambre que tenga una longitud de 500 m. Por tanto, en la actualidad, el material de alambre fabricado por el método de TFA-MOD tiene una participación de material de alambre de aproximadamente el 100 %.

50 Este hecho no priva de futuro al método de PLD o al método de MOCVD. Un método de fabricación usando deposición física tiene dificultades en cuanto al control de la composición. Sin embargo, si se desarrolla una técnica capaz de controlar tres clases de elementos que vuelan en el vacío y que tienen una diferencia del doble o más entre sí en cuanto al peso atómico como para tener una diferencia de composición del 1 % o menos casi al mismo nivel que el método de TFA-MOD usando un método económico, entonces la producción en masa es posible. Sin embargo, este problema no se ha resuelto desde hace 28 años o más desde 1987.

55 Mientras tanto, los materiales de alambre fabricados mediante el método de PLD o el método de MOCVD están conduciendo a la aplicación de bobina que requiere una característica de campo magnético. Esto se debe a que se introduce fácilmente un pasador artificial requerido para mejorar una característica de campo magnético. Sin embargo, una bobina fabricada usando un alambre superconductor fabricado mediante el método de PLD o el método de MOCVD no tiene en la actualidad un resultado de rendimiento satisfactorio. Se considera que el número de fabricación del mismo es de 20 a 30. Sin embargo, no parece que se haya notificado la terminación de una bobina satisfactoria.

65

El documento US 2006/0058195 A1 muestra una película superconductora de RE-123 orientada, comprendiendo RE dos o más tipos de elementos seleccionados de Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm e Y, siendo el contenido de cada elemento del 10 al 90 % en moles.

- 5 El documento EP 2 704 224 A muestra un método de TFA-MOD para la formación de una película superconductora de RE-123, usando grupos ácido carboxílico con H sustituido por Y, La, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm e Yb.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Las figuras 1A y 1B son vistas en sección transversal esquemáticas de un superconductor de óxido de una primera disposición;

la figura 2 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de difracción de rayos X de una capa de superconductor de óxido en la primera disposición;

- 15 la figura 3 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo la preparación de una disolución de recubrimiento en la primera disposición;

- 20 la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método para formar una película de un superconductor a partir de la disolución de recubrimiento en la primera disposición;

la figura 5 es un diagrama que ilustra un perfil de calcinación típico en la primera disposición;

- 25 la figura 6 es un diagrama que ilustra un perfil de cocción típico en la primera disposición;

la figura 7 es un diagrama que ilustra funciones y efectos de la primera disposición;

las figuras 8A y 8B son diagramas que ilustran funciones y efectos de una séptima disposición;

- 30 la figura 9 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 1;

la figura 10 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 1; y

- 35 la figura 11 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 1;

la figura 12 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 8;

la figura 13 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 8; y

- 40 la figura 14 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 9.

Descripción detallada

- 45 Un superconductor de óxido según una disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento, al menos un segundo elemento, al menos un tercer elemento y al menos un cuarto elemento, siendo el primer elemento praseodimio (Pr), seleccionándose el al menos un segundo elemento del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), seleccionándose el al menos un tercer elemento del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y seleccionándose el al menos un cuarto elemento del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), y cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), el número de átomos del al menos un segundo elemento es N(SA), y el número de átomos del al menos un cuarto elemento es N(CA), se satisface $1,5 \times (N(PA) + N(SA)) \leq N(CA)$ o $2 \times (N(CA) - N(PA)) \leq N(SA)$.

- 55 En el presente documento, se supone que una estructura cristalográficamente continua es un "cristal individual". También se supone que un cristal que tiene un límite de grano de bajo ángulo de inclinación que tiene una diferencia de 1,0 grado o menos en una dirección de eje c es un "cristal individual".

- 60 En el presente documento, un átomo pasador (PA) es un elemento de las tierras raras que actúa como pasador artificial de una capa de superconductor de óxido. PA forma una celda unitaria no superconductora. Solo se usa praseodimio (Pr) para PA.

- 65 En el presente documento, un átomo de soporte (SA) es un elemento de las tierras raras para fomentar la agrupación de un pasador artificial. Un radio iónico trivalente de SA es menor que un radio iónico trivalente de PA, y es mayor que un radio iónico trivalente de MA descrito a continuación.

En el presente documento, un átomo de matriz (MA) es un elemento de las tierras raras para formar una fase de matriz de una capa de superconductor de óxido.

5 En el presente documento, un contraátomo (CA) es un elemento de las tierras raras para formar una agrupación con PA o SA. Un radio iónico trivalente de CA es menor que un radio iónico trivalente de MA.

10 En el presente documento, un pasador artificial con sustitución de átomo de tipo de primera generación (primer ARP) significa un pasador artificial en el que una celda unitaria no superconductora que contiene PA se somete a dispersión definitiva en una fase de matriz de una celda unitaria superconductora que contiene MA. La dispersión definitiva es una forma en la que una celda unitaria no superconductora está presente sola en una fase de matriz.

15 En el presente documento, un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado de tipo de segunda generación (segundo CARP) significa un pasador artificial en el que una celda unitaria que contiene PA, una celda unitaria que contiene SA y una celda unitaria que contiene CA se agrupan en una fase de matriz de una celda unitaria superconductora que contiene MA. El segundo CARP tiene un tamaño de pasador artificial más grande que el primer ARP.

20 En el presente documento, un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado de tipo de tercera generación (tercer CARP) significa un pasador artificial en el que una celda unitaria que contiene PA y una celda unitaria que contiene CA se agrupan en una fase de matriz de una celda unitaria superconductora que contiene MA. El tercer CARP es diferente del segundo CARP ya que no contiene SA.

25 A continuación en el presente documento, se describe un superconductor de óxido de una disposición con referencia a los dibujos.

(Primera disposición)

30 Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu). Cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), el número de átomos del segundo elemento es N(SA), y el número de átomos del cuarto elemento es N(CA), se satisface $1,5 \times (N(PA) + N(SA)) \leq N(CA)$.

40 Las figuras 1A y 1B son vistas en sección transversal esquemáticas del superconductor de óxido de la presente disposición. La figura 1A es una vista en sección transversal completa del superconductor de óxido en una dirección paralela a un eje c, y la figura 1B es una vista en sección transversal esquemática ampliada de una capa de superconductor de óxido en una dirección perpendicular al eje c.

45 El superconductor de óxido de la presente disposición es un alambre superconductor. El superconductor de óxido de la presente disposición es adecuado para una aplicación en una condición en la que se aplica un campo magnético, por ejemplo, para una bobina superconductora, un imán superconductor, un aparato de IRM, un tren de levitación magnética o un almacenamiento de energía magnética por superconducción (SMES). El superconductor de óxido de la presente disposición también puede aplicarse a un cable de transmisión de potencia en una condición en la que se aplica un campo magnético.

50 Tal como se ilustra en la figura 1A, un superconductor de óxido 100 incluye un sustrato 10, una capa intermedia 20, una capa de superconductor de óxido 30 y una capa de metal 40. El sustrato 10 aumenta la resistencia mecánica de la capa de superconductor de óxido 30. La capa intermedia 20 es una denominada capa intermedia orientada. La capa intermedia 20 se proporciona con el fin de orientar la capa de superconductor de óxido 30 para obtener un cristal individual cuando se forma una película de la capa de superconductor de óxido 30. La capa de metal 40 es una denominada capa de estabilización. La capa de metal 40 protege a la capa de superconductor de óxido 30. Además, la capa de metal 40 estabiliza al superconductor de óxido 100 provocando que se derive una corriente incluso cuando un estado de superconductor se vuelve parcialmente inestable durante el uso real del superconductor de óxido 100 como alambre superconductor.

60 Por ejemplo, el sustrato 10 está formado por un metal tal como una aleación de níquel-tungsteno. Por ejemplo, la capa intermedia 20 está formada por óxido de itrio (Y_2O_3), circonia estabilizada con itria (YSZ) y óxido de cerio (CeO_2) desde el lado de sustrato 10. Por ejemplo, una estructura de capas del sustrato 10 y la capa intermedia 20 es aleación de níquel-tungsteno/óxido de itrio/circonia estabilizada con itria/óxido de cerio. En este caso, la capa de superconductor de óxido 30 está formada sobre óxido de cerio.

65 Por ejemplo, el sustrato 10 puede ser una capa de cristal individual de red coincidente con la capa de superconductor de óxido 30. Por ejemplo, la capa de cristal individual está formada por aluminato de lantano

(LaAlO₃, también denominado a continuación en el presente documento LAO). En este caso, la capa intermedia 20 puede omitirse.

Como sustrato 10 y capa intermedia 20 puede usarse, por ejemplo, un sustrato de deposición asistida por haz iónico (IBAD). Cuando se usa el sustrato de IBAD, el sustrato 10 es una capa no orientada. La capa intermedia 20 está formada, por ejemplo, por una estructura de cinco capas. Por ejemplo, dos capas inferiores son capas no orientadas, una capa de origen orientada se forma sobre las mismas mediante un método de IBAD, y dos capas orientadas de óxido de metal se forman sobre la misma. En este caso, la capa orientada más superior coincide en cuanto a la red con la capa de superconductor de óxido 30.

La capa de superconductor de óxido 30 tiene una estructura de perovskita continua que contiene un elemento de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). El elemento de las tierras raras contiene un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

A continuación en el presente documento, el primer elemento se denomina átomo pasador (PA), el segundo elemento se denomina átomo de soporte (SA), el tercer elemento se denomina átomo de matriz (MA) y el cuarto elemento se denomina contraátomo (CA).

Cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), el número de átomos del segundo elemento es N(SA) y el número de átomos del cuarto elemento es N(CA), la capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición satisface $1,5 \times (N(\text{PA}) + N(\text{SA})) \leq N(\text{CA})$. Es decir, el contenido de CA en la capa de superconductor de óxido 30 es 1,5 veces o más la suma del contenido de PA y el contenido de SA.

La capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición contiene un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado de tipo de segunda generación (segundo CARP).

La clase de un elemento de las tierras raras contenido en la capa de superconductor de óxido 30 puede identificarse usando espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS).

La capa de superconductor de óxido 30 está formada por un cristal individual que tiene una estructura de perovskita continua. Por ejemplo, la estructura de perovskita se describe por REBa₂Cu₃O_{7-y} (-0,2 ≤ y ≤ 1) (a continuación en el presente documento, REBCO). RE es un sitio de tierras raras.

Por ejemplo, el grosor de capa de la capa de superconductor de óxido 30 es de 0,1 μm o más y 10 μm o menos. Por ejemplo, la capa de superconductor de óxido 30 está formada por un cristal individual en una dirección de grosor de capa completa.

Por ejemplo, el cristal individual está presente en un intervalo de 50 nm o más desde el lado de sustrato 10 de la capa de superconductor de óxido 30 y el 70 % o menos de un grosor de capa promedio de la capa de superconductor de óxido 30 en la capa de superconductor de óxido 30. Por ejemplo, el cristal individual tiene un tamaño de 500 nm × 100 nm o más en una sección transversal de la capa de superconductor de óxido 30 en una dirección de grosor de capa de la misma.

Por ejemplo, la capa de superconductor de óxido 30 contiene flúor a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos. El flúor y carbono contenidos en la capa de superconductor de óxido 30 son elementos residuales provocados por la formación de una película de la capa de superconductor de óxido 30 mediante un método de TFA-MOD. Por ejemplo, el flúor y carbono en la capa de superconductor de óxido 30 están presentes en un límite de grano de un cristal individual.

Por ejemplo, el flúor contenido en la capa de superconductor de óxido 30 tiene una concentración de $2,0 \times 10^{16}$ átomos/cc o más. Por ejemplo, el carbono contenido en la capa de superconductor de óxido 30 tiene una concentración de $1,0 \times 10^{18}$ átomos/cc o más.

Por ejemplo, la concentración de cada uno del flúor y el carbono en la capa de superconductor de óxido 30 puede medirse usando SIMS.

Por ejemplo, la capa de metal 40 está formada por un metal que contiene plata (Ag) o cobre (Cu) como material de base, y puede ser una aleación. La capa de metal 40 puede contener una pequeña cantidad de metal precioso tal como oro (Au).

La figura 1B es una vista en sección transversal esquemática ampliada de la capa de superconductor de óxido 30, vista desde encima de una película de la misma, es decir, desde una dirección del eje c de la misma. Cada cuadrado

indica una celda unitaria en un cristal individual.

La figura 1B ilustra un caso en el que PA es praseodimio (Pr), SA es samario (Sm), MA es itrio (Y) y CA es lutecio (Lu). La capa de superconductor de óxido 30 está formada por una celda unitaria de PBCO que contiene praseodimio (Pr), una celda unitaria de SmBCO que contiene samario (Sm), una celda unitaria de YBCO que contiene itrio (Y) y una celda unitaria de LuBCO que contiene lutecio (Lu).

Los cuadrados que indican celdas unitarias de PrBCO, SmBCO y LuBCO están representados por Pr, Sm y Lu, respectivamente. Un cuadrado vacío en la figura 1B indica una celda unitaria de YBCO como fase de matriz.

Las celdas unitarias de PrBCO, SmBCO y LuBCO forman un conjunto en YBCO como fase de matriz en la capa de superconductor de óxido 30. Este conjunto se denomina agrupación. En la figura 1B, una zona rodeada por una línea continua en negrita indica una agrupación.

PrBCO es un elemento no superconductor. Una agrupación que contiene PrBCO actúa como pasador artificial de la capa de superconductor de óxido 30.

Una relación de un radio iónico trivalente entre praseodimio (Pr), samario (Sm), itrio (Y) y lutecio (Lu) satisface $Pr > Sm > Y > Lu$. En una agrupación, se ensamblan PrBCO y SmBCO que contienen cada uno un elemento de las tierras raras mayor que YBCO como fase de matriz y LuBCO que contiene un elemento de las tierras raras menor que YBCO. A continuación en el presente documento, una celda unitaria que contiene un elemento de las tierras raras mayor que una fase de matriz se denomina celda unitaria grande, y una celda unitaria que contiene un elemento de las tierras raras menor que una fase de matriz se denomina celda unitaria pequeña.

LuBCO, que no forma una agrupación, se dispersa en YBCO como fase de matriz en la capa de superconductor de óxido 30.

Una celda unitaria que contiene MA es una fase de matriz. El contenido de MA es el mayor entre los contenidos de elementos de las tierras raras contenidos en la capa de superconductor de óxido 30. Por ejemplo, cuando el número de átomos de un elemento de las tierras raras es $N(RE)$, y el número de átomos de MA como tercer elemento es $N(MA)$, se satisface $N(MA)/N(RE) \geq 0,6$. Dicho de otro modo, una razón molar de MA en un elemento de las tierras raras contenido en la capa de superconductor de óxido 30 es de 0,6 o más.

Por ejemplo, una razón cuantitativa del número de átomos de un elemento de las tierras raras o el número de moles del mismo en la capa de superconductor de óxido 30 puede calcularse basándose en un resultado de medición de concentración de un elemento usando SIMS.

La figura 2 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de difracción de rayos X (XRD) de la capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición. La capa de superconductor de óxido 30 se midió mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD.

La figura 2 ilustra un resultado de medición de una primera muestra en la que el contenido de praseodimio, samario, itrio y lutecio en el elemento de las tierras raras es del 1 %, 1 %, 96 % y 2 %, respectivamente, y una segunda muestra en la que el contenido de praseodimio, samario, itrio y lutecio en el elemento de las tierras raras es del 1 %, 1 %, 88 % y 10 %, respectivamente. La segunda muestra que tiene un gran contenido de lutecio corresponde a la capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición. En la figura 2, la primera muestra se indica mediante una línea discontinua, y la segunda muestra se indica mediante una línea continua.

En la figura 2, picos de la primera muestra y la segunda muestra coinciden con los de YBCO, y no se confirma ningún otro pico claro. Incluso en la segunda muestra que contiene el 10 % de lutecio, no se observa la separación de un pico. Por tanto, se encuentra que la segunda muestra que contiene el 10 % de lutecio también está formada por un cristal individual que tiene una estructura de perovskita continua.

En la figura 2, también aparece un pico de LAO usado para un sustrato.

A continuación, se describirá un método para fabricar el superconductor de óxido 100 de la presente disposición. La capa intermedia 20 se forma sobre el sustrato 10, la capa de superconductor de óxido 30 se forma sobre la capa intermedia 20, y la capa de metal 40 se forma sobre la capa de superconductor de óxido 30. La capa de superconductor de óxido 30 se forma mediante el método de TFA-MOD.

En la formación de la capa de superconductor de óxido 30, en primer lugar, se prepara una disolución acuosa que contiene un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y un acetato de al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu). Cuando el número de moles del primer

elemento es M(PA), el número de moles del segundo elemento es M(SA), y el número de moles del cuarto elemento es M(CA), la disolución acuosa satisface $1,5 \times (M(PA) + M(SA)) \leq M(CA)$. A continuación, se mezcla la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico que contiene principalmente ácido trifluoroacético para preparar una disolución mixta, y se somete la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al primer gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución en alcohol, y se somete la disolución en alcohol a una reacción y purificación para preparar un segundo gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al segundo gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos, y se aplica la disolución de recubrimiento sobre un sustrato para formar una película de gel. A continuación, se somete la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada. A continuación, se somete la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar la capa de superconductor de óxido 30 (película de superconductor de óxido).

15 El ácido perfluorocarboxílico contiene de manera deseable el 98 % en moles o más de ácido trifluoroacético desde un punto de vista de prevenir la reducción de características de superconducción.

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo la preparación de una disolución de recubrimiento en la presente disposición. A continuación en el presente documento, se muestra a modo de ejemplo un caso en el que PA como primer elemento es praseodimio (Pr), SA como segundo elemento es samario (Sm), MA como tercer elemento es itrio (Y) y CA como cuarto elemento es lutecio (Lu).

Tal como se ilustra en la figura 3, se prepara un acetato de metal de cada uno de itrio, praseodimio, samario, lutecio, bario y cobre (a1). Se prepara ácido trifluoroacético (a2). A continuación, se disuelve el acetato de metal preparado en agua para preparar una disolución acuosa (b). Cuando el número de moles de praseodimio es M(Pr), el número de moles de samario es M(Sm) y el número de moles de lutecio es M(Lu), se satisface $1,5 \times (M(Pr) + M(SA)) \leq M(CA)$.

Se mezcla la disolución acuosa obtenida con el ácido trifluoroacético preparado (c). Se somete la disolución obtenida a una reacción y purificación (d) para obtener un primer gel que contiene impurezas (e). A continuación, se disuelve el primer gel obtenido en metanol (f) para preparar una disolución que contiene impurezas (g). Se somete la disolución obtenida a una reacción y purificación, y se eliminan las impurezas (h) para obtener un segundo gel que contiene un disolvente (i). Además, se disuelve el segundo gel obtenido en metanol (j) para preparar una disolución de recubrimiento (k).

Por ejemplo, como acetato de metal, se mezclan sales de metal a sitio de RE (Y, Pr, Sm, Lu) : Ba : Cu = 1 : 2 : 3. Por ejemplo, se realiza el mezclado de tal manera que el contenido de Pr en el sitio de RE es de 0,00000001 o más y 0,20 o menos. Tras el mezclado y la reacción, se reduce el contenido total del agua residual y ácido acético en la disolución de recubrimiento hasta el 2 % en peso o menos mediante un procedimiento de purificación de disolución de alta pureza usando un método de disolvente en gel estabilizado (SIG). El método de SIG en la presente disposición es un método para purificar altamente una disolución para estabilizarse parcialmente para prevenir la descomposición de PrBCO, y es un método de disolvente en gel (PS-SIG) parcialmente estabilizado. Aunque un elemento sea inestable tal como Pr, mezclando el elemento con un elemento estable tal como Y para sintetizar una disolución, puede obtenerse una disolución estable en su conjunto. Por ejemplo, se realiza el mezclado de tal manera que el valor de $Pr/(Y + Pr + Sm + Lu)$ es de 0,0025.

La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método para formar una película de un superconductor a partir de la disolución de recubrimiento en la presente disposición.

Tal como se ilustra en la figura 4, en primer lugar, se prepara la disolución de recubrimiento preparada por adelantado (a). Por ejemplo, se forma una película aplicando la disolución de recubrimiento sobre un sustrato mediante un método de recubrimiento por troquel (b) para obtener una película de gel (c). A continuación, se somete la película de gel obtenida a calcinación como tratamiento térmico primario, y se descompone una sustancia orgánica (d) para obtener una película calcinada (e). Además, se somete esta película calcinada a cocción como tratamiento térmico secundario (f), y después, por ejemplo, se somete a recocido con oxígeno puro (h) para obtener una película superconductora (h).

La figura 5 es un diagrama que ilustra un perfil de calcinación típico en la presente disposición. La calcinación a presión normal descompone un trifluoroacetato principalmente a 200 °C o más y 250 °C o menos. Con el fin de prevenir que la temperatura entre en la región, se reduce la tasa de aumento de temperatura a aproximadamente 200 °C. Aumentando gradualmente la temperatura hasta 250 °C, una sustancia descompuesta a partir del trifluoroacetato contiene flúor u oxígeno, que permanece fácilmente en la película debido a un enlace de hidrógeno. Se aumenta la temperatura hasta 400 °C con el fin de eliminar la sustancia. La temperatura final es generalmente de desde 350 °C hasta 450 °C. De esta manera, se obtiene una película calcinada marrón semitransparente formada por un óxido o un fluoruro.

La figura 6 es un diagrama que ilustra un perfil de cocción típico en la presente disposición. Hasta tb1 a 100 °C, se usa un gas mixto seco. Sin embargo, posteriormente se realiza la humidificación. La temperatura de inicio de humidificación puede ser de 100 °C o más y 400 °C o menos. Se considera que la formación de una capa pseudolíquida comienza a aproximadamente 550 °C. Se realiza la humidificación a una temperatura de 550 °C o menos de manera que se forma de manera uniforme una capa pseudolíquida mientras se dispersa un gas humidificado en la película.

La figura 6 ilustra un perfil de temperatura típico de cocción a 800 °C. El perfil es un perfil de aumento gradual de la temperatura a 775 °C o más y 800 °C o menos de manera que no se produce un rebase de temperatura a tb3. Incluso en este perfil, a 800 °C puede existir un rebase de 2 °C a 3 °C, pero no provoca un problema particular. La presión parcial de oxígeno a una temperatura máxima depende de una fase de matriz. En un caso de cocción de un superconductor de YBCO, la presión parcial de oxígeno óptima es de 1000 ppm a 800 °C, y pasa a ser la mitad cada vez que se reduce la temperatura 25 °C a partir de la misma. Es decir, la presión parcial de oxígeno óptima es de 500 ppm a 775 °C, y es de 250 ppm a 750 °C. En esta cocción, un material basado en YBCO forma $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$. En este momento, el material basado en YBCO no es un superconductor.

En la cocción a una temperatura máxima, se hace que un gas seco fluya a tb4 antes de que la temperatura comience a reducirse tras completarse la cocción. Un gas humidificado descompone un superconductor para generar un óxido a 700 °C o menos, y por tanto se realiza un recocido con oxígeno a tb6, y se cambia el índice de oxígeno del superconductor desde 6,00 hasta 6,93. A este índice de oxígeno una sustancia pasa a ser un superconductor. Sin embargo, solo PrBCO no es un superconductor aunque tiene una estructura de perovskita. Se desconoce la valencia de Pr, y por tanto también se desconoce el índice de oxígeno de una celda unitaria del mismo, pero se considera que Pr tiene un índice de oxígeno grande. Esto se debe a que la valencia de Pr es de entre tres y cuatro y el índice de oxígeno aumenta de acuerdo con la misma en una celda unitaria. La temperatura de inicio del recocido con oxígeno es de 375 °C o más y 525 °C o menos. A continuación, se mantiene la temperatura y después se enfría el horno a partir de tb8.

Mediante el método de fabricación anterior, se fabrica el superconductor de óxido 100 que contiene la capa de superconductor de óxido 30 según la presente disposición.

A continuación, se describirán funciones y efectos del superconductor de óxido 100 de la presente disposición y el método para fabricar el mismo.

El superconductor de óxido 100 de la presente disposición contiene YBCO como fase de matriz en la capa de superconductor de óxido 30. Se agrupa PrBCO como elemento no superconductor junto con SmBCO y LuBCO como superconductores en una fase de matriz. Esta agrupación actúa como pasador artificial a nivel atómico para mejorar una característica de campo magnético. Según el método para fabricar el superconductor de óxido 100 de la presente disposición, puede fabricarse el superconductor de óxido 100 que contiene la agrupación como pasador artificial y que tiene una característica de campo magnético mejorada.

La capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición está formada por PA, SA, MA y CA. Al contener SA y CA, se provoca un fenómeno de agrupación. PA se incorpora en una agrupación como parte de SA, y se forma un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado (CARP). Este pasador artificial con sustitución de átomo agrupado mejora una característica de campo magnético.

Además, al añadir CA en exceso con respecto a PA y SA, puede reducirse el tamaño de una agrupación. Al reducir el tamaño de una agrupación, se mejora una característica de campo magnético en una región de baja temperatura. Dicho de otro modo, al reducir el tamaño de un pasador artificial, se mejora una característica de Jc-B en una región de baja temperatura.

No se ha aclarado un motivo por el cual un alambre superconductor fabricado mediante un método de PLD o un método de MOCVD no funciona bien como aplicación de una bobina. Reduciendo localmente la temperatura crítica (T_c) en un alambre superconductor, se forma una corriente de derivación interna (IBC). Se ha observado la generación local anómala de tensión que alcanza varias decenas de μV , provocada por la corriente de derivación interna. Se considera que la posibilidad de que esta generación anómala de tensión desencadene un accidente de extinción es alta.

Con el fin de resolver esencialmente el problema de IBC y evitar la generación anómala de tensión, se considera la aplicación de un pasador artificial con sustitución de átomo (ARP). ARP conserva una estructura de perovskita, y la mayor parte del mismo está formada por una celda unitaria superconductora, pero una parte del mismo actúa como pasador artificial de una celda unitaria no superconductora.

Como ARP, se forma de manera deseable PrBCO ($\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$). PrBCO tiene una estructura de perovskita y forma un pasador artificial no superconductor. Se considera que Pr en PrBCO pasa a ser Pr^{3+} durante la formación de una estructura de perovskita y que la valencia se cambia a aproximadamente Pr^{4+} en un procedimiento de enfriamiento hasta la temperatura normal. Cuando Pr pasa a ser tetravalente, entra oxígeno en un sitio de oxígeno que ha sido

deficiente en la estructura de perovskita, y la longitud de red pasa a ser más corta debido a la fuerza de Coulomb.

En un caso de PrBCO, una celda unitaria de una estructura de perovskita es un conjunto de celdas unitarias de 1/3 formadas por dos átomos de Ba y un átomo de Pr. Se considera que la celda unitaria de 1/3 que contiene Pr se contrae cuando Pr pasa a ser tetravalente, se aplica una presión a un lado en el que se expande la celda unitaria que contiene Ba, y la razón de contracción se reduce como una celda unitaria. Por tanto, se considera que una celda unitaria de YBCO y una celda unitaria de PrBCO adyacentes entre sí comparten las mismas superficies superior e inferior de las celdas unitarias para formar una estructura de perovskita continua. Por tanto, cuando se mide YBCO que contiene PrBCO mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, se observa un único pico de una estructura de perovskita.

Sin embargo, la deformación al contener PrBCO como pasador artificial tiene una influencia sobre una superficie de CuO sobre la que se forma una corriente superconductor. Si está presente Y adyacente a PrBCO en una celda unitaria de 1/3 en el centro (primera celda adyacente), se considera que la celda unitaria se ve influida por la deformación para provocar ausencia de superconducción. Cuatro celdas unitarias de 1/3 en un plano a/b se ven influidas. Se forma un pasador artificial en una cantidad de cinco veces la cantidad de inyección de Pr, y se observa un "fenómeno de degradación de 5 veces" en el que el valor de J_c (densidad de corriente crítica) se degrada cinco veces.

Se estima que la presión parcial de oxígeno óptima ($p(O_2)$) para formar una estructura de perovskita de PrBCO es de 1 ppm a 800 °C. Las presiones parciales de oxígeno óptimas de NdBCO y SmBCO en los que Nd y Sm son sitios de Pr son de 5 ppm y 20 ppm, respectivamente, y se reducen de manera inversamente proporcional al radio iónico de un grupo lantanoide. Por tanto, se estima que una condición para formar PrBCO es de aproximadamente 1 ppm, es decir, desde 0,5 hasta 2 ppm.

La formación con PrBCO e YbCO mezclados es difícil mediante un método de deposición física tal como un método de PLD o un método de MOCVD. La presión parcial de oxígeno óptima para formar una estructura de perovskita de YBCO es de 1000 ppm, e YbCO puede formarse a de 500 a 2000 ppm. Además, por ejemplo, en la formación de película con PrBCO e YbCO mezclados como objetivo mediante un método de PLD, aunque pueden formarse simultáneamente estructuras de perovskita de PrBCO e YbCO, se considera que se forman conjuntos individuales mediante separación debido a diferentes tamaños de red. También a la vista de este punto, en principio es difícil formar una estructura de perovskita con YBCO y PrBCO mezclados. Además, formando una película en una condición para formar YBCO, se descompone PrBCO.

La formación con YBCO y PrBCO mezclados también es difícil mediante un método de MOCVD de manera casi similar. En un método de MOCVD, una sustancia orgánica se descompone después de que un elemento de metal alcance un sustrato. En el momento de la formación de película, las presiones parciales de oxígeno óptimas de YBCO y PrBCO son de 1000 ppm y 1 ppm a 800 °C, respectivamente. Es difícil formar una película mientras YBCO y PrBCO están presentes juntos.

Cuando se forma una película de PrBCO mientras está presente junto con YBCO mediante un método de pulverización que es un método de deposición física tal como un método de PLD, T_c se reduce 4 K mediante adición de PrBCO al 10 %. Además, se considera que PrBCO se distribuye de manera irregular de una forma que no incorpora una estructura de perovskita. Tal como se describió anteriormente, se considera que es difícil formar YBCO y PrBCO en una estructura de perovskita continua o en un cristal individual mediante un método de deposición física.

Se ha notificado una gran reducción de T_c en un ensayo para mejorar una característica de campo magnético mediante formación de YBCO + PrBCO en un cuerpo voluminoso. Se considera que esto está provocado por el hecho de que la constante de red de un conjunto de PrBCO se reduce en del 12 al 14 % cuando cada uno de PrBCO e YbCO se forman como un conjunto y la valencia de Pr se cambia de tres a aproximadamente cuatro mediante un cambio de valencia sucesivo de Pr, se provoca la separación física a partir de un conjunto de YBCO, y se deteriora la condición de unión de celdas unitarias. Un hueco entre celdas unitarias reduce T_c . Dicho de otro modo, el informe usando un cuerpo voluminoso indica que las celdas unitarias de YBCO y PrBCO indicadas en la presente disposición no pueden formar una estructura de perovskita continua.

Se considera que el único método para la formación con PrBCO e YbCO mezclados es un método de TFA-MOD capaz de formar una estructura de perovskita a partir de una fase pseudolíquida y formar una película usando un valor promedio de presiones parciales de oxígeno óptimas de elementos en un sitio de tierras raras como presión parcial de oxígeno óptima. En el método de TFA-MOD, se produce crecimiento en una fase líquida durante la cocción para formar una fase pseudolíquida. Un resultado de que una dirección de crecimiento tiene una influencia sobre una característica en un experimento de aplicación de un campo magnético externo también es una de las evidencias que indican la formación de una fase pseudolíquida. Al prevenir la formación de una fase diferente mediante purificación de una disolución en crecimiento a partir de una fase pseudolíquida, se forma una estructura de perovskita continua con una pluralidad de elementos de las tierras raras mezclados. La formación de una estructura de perovskita continua también se confirma a partir de una medición de XRD o una imagen de

observación de TEM en sección transversal con un alto aumento.

5 Cuando se forma una película con una pluralidad de elementos de las tierras raras que tienen una gran diferencia en cuanto a las condiciones de formación en un método de TFA-MOD, por ejemplo, PrBCO e YbCO mezclados, mediante presencia de impurezas para provocar una fase diferente en una disolución, PrBCO e YbCO se forman por separado, o se forma una fase diferente mientras que uno de PrBCO e YbCO se descompone.

10 El método de TFA-MOD es una de las formas especiales de un método de MOD convencional. En el método de MOD convencional que incluye un método de MOD libre de flúor, se produce crecimiento mediante una reacción en fase sólida. El método de TFA-MOD es una forma extremadamente especial del método de MOD, y se forma una fase pseudolíquida mediante presencia de flúor para el crecimiento. También hay un informe de que se produce una reacción en fase sólida usando cloro en lugar de flúor. Por tanto, en la actualidad, una estructura de perovskita en la que celdas unitarias que tienen una gran diferencia en cuanto a las condiciones de formación de película, tales como PrBCO e YbCO, son continuas solo puede formarse mediante el método de TFA-MOD.

15 Se considera que una fuerza motriz para formar una estructura de perovskita en la que elementos de las tierras raras tienen una gran diferencia en cuanto al radio iónico, tales como PrBCO e YbCO en una estructura de perovskita continua, es un fenómeno de agrupación. Con el fin de provocar el fenómeno de agrupación, se combinan celdas unitarias que tienen una estructura de perovskita, específicamente celdas unitarias de 1/3 que tienen tamaños diferentes. El tamaño de una celda unitaria está determinado por el tamaño de un elemento de las tierras raras contenido, es decir, el radio iónico del mismo.

20 Se usa un elemento que tiene un tamaño más grande para un átomo pasador (PA) para formar un pasador artificial y un átomo de soporte (SA) para soportar PA, y se usa un elemento que tiene un tamaño más pequeño para un contraátomo (CA) con respecto al tamaño de un átomo de matriz (MA) para formar una fase de matriz. El fenómeno de agrupación es un fenómeno en el que una celda unitaria que tiene un tamaño más grande y una celda unitaria que tiene un tamaño más pequeño con respecto al tamaño de una celda unitaria en una fase de matriz se ensamblan debido a anisotropía de forma.

25 La presión parcial de oxígeno óptima durante la cocción para formar una estructura de perovskita tiene relación con el radio iónico de un elemento. Cuanto mayor es el radio iónico, menor es la presión parcial de oxígeno óptima. Por ejemplo, el orden del tamaño del radio iónico es $La > Pr > Nd > Sm > Gd > Dy > Tm > Lu$. Se considera que las presiones parciales de oxígeno óptimas requeridas para los elementos para formar una estructura de perovskita durante la cocción a 800 °C son de aproximadamente 0,2, 1, 5, 20, 200, 1000, 2000 y 3000 ppm, respectivamente.

30 Mediante el método de TFA-MOD usando una disolución de alta pureza, se forman simultáneamente películas de elementos que tienen presiones parciales de oxígeno óptimas muy diferentes, y puede formarse un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado (CARP) que tiene una estructura de perovskita continua con una fase de matriz.

35 Con el fin de realizar una característica de campo magnético óptima en una región de temperatura específica, es deseable ajustar el tamaño de un pasador artificial. En general, con el fin de mejorar una característica de campo magnético en una región de baja temperatura, es deseable un pasador artificial que tiene un tamaño más pequeño que en una región de alta temperatura. Por tanto, con el fin de realizar una característica de campo magnético óptima en una región de baja temperatura, es deseable la formación de un pasador artificial que tiene un tamaño más pequeño que en una región de alta temperatura.

40 Sin embargo, se ha encontrado que no es fácil cambiar el tamaño de CARP. Por ejemplo, se seleccionan Y, Sm y Lu para MA, SA y CA, respectivamente. Un candidato para PA solo es Pr. En este sistema, se mide una característica de campo magnético (medición de J_c-B) mientras que el contenido total de Pr, Sm y Lu con respecto a la cantidad total del sistema se cambia al 4 %, 8 % o 16 % con una razón de los mismos fijada a $Pr : Sm : Lu = 1 : 1 : 2$. Aunque se cambie el contenido total, la dependencia de la temperatura de una curva de la característica de campo magnético no cambia en gran medida. Este hecho indica que el cambio del contenido total de Pr, Sm y Lu provoca proporción entre el contenido de un elemento añadido y una frecuencia de nucleación y por consiguiente se genera un CARP que tiene el mismo tamaño promedio únicamente con el número del mismo cambiado.

45 En la presente disposición, se añade CA en exceso con respecto a PA y SA. Es decir, cuando el número de átomos del primer elemento como PA es $N(PA)$, el número de átomos del segundo elemento como SA es $N(SA)$, y el número de átomos del cuarto elemento como CA es $N(CA)$ en la capa de superconductor de óxido 30, se satisface $1,5 \times (N(PA) + N(SA)) \leq N(CA)$. El número de átomos de CA en la capa de superconductor de óxido 30 es 1,5 veces o más la suma de los números de átomos de PA y SA. Dicho de otro modo, el número de moles de CA en la capa de superconductor de óxido 30 es 1,5 veces o más la suma de los números de moles de PA y SA.

50 En la presente disposición, al aumentar el número de CA, se aumenta la frecuencia de nucleación de un pasador artificial. Como resultado, puede formarse un pasador artificial que tiene un tamaño más pequeño que un caso en el que no se añade CA en exceso. Dicho de otro modo, al aumentar el número de CA, se aumenta la frecuencia de nucleación de CARP. Como resultado, puede formarse un CARP que tiene un tamaño más pequeño que un caso en

el que no se añade CA en exceso.

La figura 7 es un diagrama que ilustra funciones y efectos de la presente disposición. La figura 7 es una vista en sección transversal esquemática ampliada de una capa de superconductor de óxido en una disposición comparativa. La disposición comparativa usa una capa de superconductor de óxido a la que no se añade CA en exceso con respecto a PA y SA a diferencia de la presente disposición. La figura 7 es una vista en sección transversal correspondiente a la figura 1B en la presente disposición.

Tal como resulta evidente a partir de una comparación entre la figura 7 y la figura 1B, en la presente disposición, al añadir Lu como CA en exceso con respecto a Pr como PA y Sm como SA, puede formarse una agrupación que tiene un tamaño pequeño. Una celda unitaria que contiene una cantidad excesiva de Lu se dispersa en una fase de matriz.

Se forma CARP ensamblando celdas unitarias que contienen cada una PA, SA o CA. Cuando se forma CARP mientras que el contenido satisface $PA + SA = CA$, se considera que todos los elementos distintos de MA se ensamblan en una agrupación para formar una estructura muy estable. Cuando no se cambia el contenido de PA + SA pero se aumenta el contenido de CA implicado en la nucleación, se considera que se aumenta la frecuencia de nucleación y se reduce el tamaño de una agrupación.

En la presente disposición, la capa de superconductor de óxido 30 incluye un pasador artificial que tiene un tamaño pequeño, y de ese modo se mejora una característica de campo magnético en una región de baja temperatura.

Cuando el número de átomos de un elemento de las tierras raras es $N(RE)$, y el número de átomos del tercer elemento como MA es $N(MA)$, de manera deseable se satisface $N(MA)/N(RE) \geq 0,6$. Cuando la razón es menor que el intervalo anterior, se reduce la razón de una celda unitaria superconductora en la capa de superconductor de óxido 30, y existe un riesgo de que no pueda obtenerse una característica de superconducción suficiente.

Cuando el número de átomos de un elemento de las tierras raras es $N(RE)$, y el número de átomos del primer elemento como PA, es decir, praseodimio es $N(PA)$, la razón de Pr puede representarse por $N(PA)/N(RE)$. Por tanto, de manera deseable se satisface $0,00000001 \leq N(PA)/N(RE)$. Cuando la razón es menor que el intervalo anterior, un pasador artificial pasa a ser insuficiente, y existe un riesgo de que no pueda obtenerse un efecto suficiente para mejorar una característica de campo magnético.

Cuando el número de átomos del tercer elemento como MA es $N(MA)$, y el número de átomos de itrio contenido en el tercer elemento es $N(Y)$, de manera deseable se satisface $N(Y)/N(MA) \geq 0,5$. Un material de itrio (Y) es relativamente económico, y por tanto puede reducirse el coste del superconductor de óxido 100.

Cuando el número de átomos de un elemento de las tierras raras es $N(RE)$, el número de átomos del primer elemento como PA es $N(PA)$, y el número de átomos del segundo elemento como SA es $N(SA)$, de manera deseable se satisface $(N(PA) + N(SA))/N(RE) \leq 0,2$. Cuando la razón es mayor que el intervalo anterior, se reduce la razón de una celda unitaria superconductora, y existe un riesgo de que no pueda obtenerse una característica de superconducción suficiente.

La capa de superconductor de óxido 30 contiene de manera deseable flúor a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.

Por ejemplo, se considera que flúor residual y carbono residual conservan una característica de campo magnético en un campo magnético muy alto de este tipo que supera 15 T.

El flúor contenido en la capa de superconductor de óxido 30 tiene de manera más deseable una concentración de $2,0 \times 10^{16}$ átomos/cc o más desde el punto de vista anterior. Por ejemplo, el carbono contenido en la capa de superconductor de óxido 30 tiene de manera más deseable una concentración de $1,0 \times 10^{18}$ átomos/cc o más.

Cuando el número de átomos del primer elemento como PA es $N(PA)$, el número de átomos del segundo elemento como SA es $N(SA)$, y el número de átomos del cuarto elemento como CA es $N(CA)$ en la capa de superconductor de óxido 30, de manera deseable se satisface $4 \times (N(PA) + N(SA)) \leq N(CA)$. Se forma CARP que tiene un tamaño pequeño, y se mejora adicionalmente la característica de campo magnético en una región de baja temperatura.

Preferiblemente, se satisface $1,5 \times (N(PA) + N(SA)) \leq N(CA)$, el segundo elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd) y samario (Sm), el tercer elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y el cuarto elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm) e iterbio (Yb). Más preferiblemente, el segundo elemento es samario (Sm), el tercer elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y el cuarto elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er) y tulio (Tm). Una diferencia más pequeña en el radio iónico entre MA y CA hace que la frecuencia de nucleación de CARP sea mayor. Por tanto, se forma CARP que tiene un tamaño pequeño, y se mejora adicionalmente la característica de campo magnético en una región de

baja temperatura.

Tal como se describió anteriormente, según la presente disposición, se realizan un superconductor de óxido capaz de formar un pasador artificial que tiene un tamaño pequeño y que tiene una característica de campo magnético en una región de baja temperatura mejorada, y un método para fabricar el mismo.

(Segunda disposición)

Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu). Cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), el número de átomos del segundo elemento es N(SA), y el número de átomos del cuarto elemento es N(CA), se satisface $2 \times (N(CA) - N(PA)) \leq N(SA)$.

En un método para fabricar el superconductor de óxido de la presente disposición, en primer lugar, se prepara una disolución acuosa que contiene un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y un acetato de al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu). Cuando el número de moles del primer elemento es M(PA), el número de moles del segundo elemento es M(SA), y el número de moles del cuarto elemento es M(CA), la disolución acuosa satisface $2 \times (M(CA) - M(PA)) \leq M(SA)$. A continuación, se mezcla la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico que contiene principalmente ácido trifluoroacético para preparar una disolución mixta, y se somete la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al primer gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución en alcohol, y se somete la disolución en alcohol a una reacción y purificación para preparar un segundo gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al segundo gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos, y se aplica la disolución de recubrimiento sobre un sustrato para formar una película de gel. A continuación, se somete la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada. A continuación, se somete la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar una capa de superconductor de óxido (película de superconductor de óxido).

El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente de la primera disposición en cuanto a que se añade SA en exceso a la capa de superconductor de óxido 30. A continuación en el presente documento, se omite la descripción de cuestiones coincidentes con la primera disposición.

En la presente disposición, se añade SA en exceso. Es decir, cuando el número de átomos del primer elemento como PA es N(PA), el número de átomos del segundo elemento como SA es N(SA), y el número de átomos del cuarto elemento como CA es N(CA) en la capa de superconductor de óxido 30, se satisface $2 \times (N(CA) - N(PA)) \leq N(SA)$. El número de átomos de SA en la capa de superconductor de óxido 30 es el doble o más de la diferencia entre los números de átomos de CA y PA. Dicho de otro modo, el número de moles de SA en la capa de superconductor de óxido 30 es el doble o más de la diferencia entre los números de moles de CA y PA.

Se considera que SA también participa en la nucleación de una agrupación actuando como pasador artificial de manera similar a CA. En la presente disposición, al aumentar el número de SA, se aumenta la frecuencia de nucleación de un pasador artificial. Como resultado, puede formarse un pasador artificial que tiene un tamaño más pequeño que un caso en el que no se añade SA en exceso. Dicho de otro modo, al aumentar el número de SA, se aumenta la frecuencia de nucleación de CARP. Como resultado, puede formarse CARP que tiene un tamaño más pequeño que un caso en el que no se añade SA en exceso.

Según la presente disposición, de manera similar a la primera disposición, se realizan un superconductor de óxido capaz de formar un pasador artificial que tiene un tamaño pequeño y que tiene una característica de campo magnético en una región de baja temperatura mejorada, y un método para fabricar el mismo.

(Tercera disposición)

Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en gadolinio (Gd), itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

Cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), y el número de átomos del tercer elemento es N(CA), se satisface $1,5 \times N(\text{PA}) \leq N(\text{CA})$.

5 El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente de la primera disposición en cuanto a que una capa de superconductor de óxido 30 no contiene ningún átomo de soporte (SA) en la primera disposición. A continuación en el presente documento, se omite la descripción de cuestiones coincidentes con la primera disposición.

10 La capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición contiene un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado de tipo de tercera generación (tercer CARP).

15 La capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición está formada por PA, MA y CA. El primer elemento es un átomo pasador (PA), el segundo elemento es un átomo de matriz (MA), y el tercer elemento es un contraátomo (CA).

En la presente disposición, al aumentar el número de CA con respecto a PA, se aumenta la frecuencia de nucleación de un pasador artificial. Como resultado, puede formarse un pasador artificial que tiene un tamaño más pequeño que un caso en el que no se añade CA en exceso.

20 Además, en la capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición, no está presente SA como celda unitaria superconductora, y por tanto el potencial de un pasador artificial es igual a un elemento no superconductor completo. Por tanto, la fuerza de pasador pasa a ser un valor teóricamente máximo.

25 Según la presente disposición, de manera similar a la primera disposición, se realizan un superconductor de óxido capaz de formar un pasador artificial que tiene un tamaño pequeño y que tiene una característica de campo magnético en una región de baja temperatura mejorada, y un método para fabricar el mismo. Además, no contiene SA para formar una celda unitaria superconductora en un pasador artificial, y de ese modo se mejora una característica de campo magnético.

30 (Cuarta disposición)

35 Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y al menos dos cuartos elementos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

40 En un método para fabricar el superconductor de óxido de la presente disposición, en primer lugar, se prepara una disolución acuosa que contiene un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y un acetato de al menos dos cuartos elementos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu). A continuación, se mezcla la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico que contiene principalmente ácido trifluoroacético para preparar una disolución mixta, y se somete la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al primer gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución en alcohol, y se somete la disolución en alcohol a una reacción y purificación para preparar un segundo gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al segundo gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos, y se aplica la disolución de recubrimiento sobre un sustrato para formar una película de gel. A continuación, se somete la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada. A continuación, se somete la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar la capa de superconductor de óxido 30 (película de superconductor de óxido).

60 El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente de la primera disposición en cuanto a que se añaden al menos dos clases de CA como cuartos elementos a la capa de superconductor de óxido 30. A continuación en el presente documento, se omite la descripción de cuestiones coincidentes con la primera disposición.

65 En la presente disposición, la capa 30 de superconductor de óxido contiene al menos una clase de PA, al menos una clase de SA, al menos una clase de MA, y al menos dos clases de CA. Por ejemplo, PA es praseodimio (Pr), SA es samario (Sm), MA es itrio (Y) y los CA son iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

Con el fin de realizar una característica de campo magnético óptima en una región de temperatura específica, es necesario ajustar el tamaño de un pasador artificial. Dicho de otro modo, hay un tamaño de un pasador artificial con el fin de realizar una característica de campo magnético óptima en una región de temperatura específica.

5 Hay una correlación entre la frecuencia de nucleación de un pasador artificial y el tamaño del mismo. Cuanto mayor es la frecuencia de nucleación de un pasador artificial, menor es el tamaño el mismo. Cuanto menor es la frecuencia de nucleación de un pasador artificial, mayor es el tamaño del mismo.

10 Por ejemplo, en la presente disposición, la capa de superconductor de óxido 30 contiene iterbio (Yb) y lutecio (Lu) que tienen radios iónicos diferentes como CA. Al contener dos clases de CA que tienen radios iónicos diferentes, se controla el tamaño de un pasador artificial.

15 Por ejemplo, en la formación de CARP en YBCO, la adición de iterbio (Yb) a lutecio (Lu) aumenta la frecuencia de nucleación de un pasador artificial. Dicho de otro modo, YbBCO tiene una frecuencia de nucleación mayor de un pasador artificial que LuBCO. Se considera que YbBCO tiene una frecuencia de nucleación de un pasador artificial de aproximadamente siete veces la de LuBCO. El radio iónico de iterbio (Yb) es mayor que el de lutecio (Lu).

20 Se considera que la frecuencia de nucleación está determinada por la diferencia entre el radio iónico de MA y el radio iónico de CA. Se considera que una diferencia pequeña entre el radio iónico de CA y el radio iónico de MA aumenta la frecuencia de nucleación, y una gran diferencia entre el radio iónico de CA y el radio iónico de MA reduce la frecuencia de nucleación.

25 En la presente disposición, al contener dos clases de CA que tienen radios iónicos diferentes, es posible realizar una frecuencia de nucleación intermedia entre las frecuencias de nucleación realizadas por los CA respectivos solos. Por tanto, es posible realizar un pasador artificial que tiene un tamaño intermedio entre los tamaños de pasadores artificiales realizados mediante las dos clases de CA solas.

30 Por ejemplo, cuando la capa de superconductor de óxido 30 contiene iterbio (Yb) y lutecio (Lu) como CA, es posible realizar una frecuencia de nucleación mayor que un caso en el que solo está contenido lutecio (Lu) como CA y menor que un caso en el que solo está contenido iterbio (Yb) como CA. Por tanto, es posible formar un pasador artificial mayor que un caso en el que solo está contenido lutecio (Lu) como CA y menor que un caso en el que solo está contenido iterbio (Yb) como CA.

35 Preferiblemente, el segundo elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd) y samario (Sm), el tercer elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y el cuarto elemento está formado de al menos dos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm) e iterbio (Yb). Más preferiblemente, el segundo elemento es samario (Sm), el tercer elemento es al menos uno seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y el cuarto elemento está formado por al menos dos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er) y tulio (Tm). Una diferencia menor en el radio iónico entre MA y CA hace que la frecuencia de nucleación de CARP sea mayor. Por tanto, se forma un CARP que tiene un tamaño pequeño, y se mejora adicionalmente una característica de campo magnético en una región de baja temperatura.

45 Según la presente disposición, se realizan un superconductor de óxido capaz de controlar el tamaño de un pasador artificial y mejorar una característica de campo magnético en una región de temperatura específica, y un método para fabricar el mismo.

(Quinta disposición)

50 Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos dos segundos elementos seleccionados del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

60 En un método para fabricar el superconductor de óxido de la presente disposición, en primer lugar, se prepara una disolución acuosa que contiene un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos dos segundos elementos seleccionados del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y un acetato de al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu). A continuación, se mezcla la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico que contiene principalmente ácido trifluoroacético para preparar una disolución mixta, y se somete la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al primer gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución en alcohol, y se somete la disolución en alcohol a una reacción y purificación

para preparar un segundo gel. A continuación, se añade un alcohol que contiene metanol al segundo gel y se disuelve en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos, y se aplica la disolución de recubrimiento sobre un sustrato para formar una película de gel. A continuación, se somete la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada. A continuación, se somete la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar la capa de superconductor de óxido 30 (película de superconductor de óxido).

El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente de la cuarta disposición en cuanto a que se añaden al menos dos clases de SA como segundos elementos a la capa de superconductor de óxido 30. A continuación en el presente documento, se omite la descripción de cuestiones coincidentes con la cuarta disposición.

En la presente disposición, la capa 30 de superconductor de óxido contiene al menos una clase de PA, al menos dos clases de SA, al menos una clase de MA, y al menos una clase de CA. Por ejemplo, PA es praseodimio (Pr), los SA son samario (Sm) y europio (Eu), MA es itrio (Y), y CA es iterbio (Yb).

Por ejemplo, en la presente disposición, la capa 30 de superconductor de óxido contiene samario (Sm) y europio (Eu) que tienen radios iónicos diferentes como SA. Al contener dos clases de SA que tienen radios iónicos diferentes, se controla el tamaño de un pasador artificial. El radio iónico de samario (Sm) es mayor que el de europio (Eu).

Se considera que la frecuencia de nucleación está determinada por la diferencia entre el radio iónico de MA y el radio iónico de SA. Se considera que una diferencia pequeña entre el radio iónico de SA y el radio iónico de MA aumenta la frecuencia de nucleación, y una diferencia grande entre el radio iónico de SA y el radio iónico de MA reduce la frecuencia de nucleación.

En la presente disposición, al contener dos clases de SA que tienen radios iónicos diferentes, es posible realizar una frecuencia de nucleación intermedia entre las frecuencias de nucleación realizadas por los SA respectivos solos. Por tanto, es posible realizar un pasador artificial que tiene un tamaño intermedio entre los tamaños de pasadores artificiales realizados por las dos clases de SA solas.

Por ejemplo, cuando la capa de superconductor de óxido 30 contiene samario (Sm) y europio (Eu) como SA, es posible realizar una frecuencia de nucleación mayor que un caso en el que solo está contenido samario (Sm) como SA y menor que un caso en el que solo está contenido europio (Eu) como SA. Por tanto, es posible para formar un pasador artificial mayor que un caso en el que solo está contenido samario (Sm) como SA y menor que un caso en el que solo está contenido europio (Eu) como SA.

Según la presente disposición, se realizan un superconductor de óxido capaz de controlar el tamaño de un pasador artificial y mejorar una característica de campo magnético en una región de temperatura específica, y un método para fabricar el mismo.

(Sexta disposición)

Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en gadolinio (Gd), itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho) y al menos dos terceros elementos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).

El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente de la tercera disposición en cuanto a que una capa de superconductor de óxido 30 no contiene ningún átomo de soporte (SA) en la tercera disposición. A continuación en el presente documento, se omite la descripción de cuestiones coincidentes con la tercera disposición.

La capa de superconductor de óxido 30 en la presente disposición contiene un pasador artificial con sustitución de átomo agrupado de tipo de tercera generación (tercer CARP).

La capa 30 de superconductor de óxido en la presente disposición está formada por PA, MA y CA. El primer elemento es un átomo pasador (PA), el segundo elemento es un átomo de matriz (MA) y el tercer elemento es un contraátomo (CA).

Por ejemplo, en la presente disposición, la capa de superconductor de óxido 30 contiene iterbio (Yb) y lutecio (Lu) que tienen radios iónicos diferentes como CA. Al contener dos clases de CA que tienen radios iónicos diferentes, se controla el tamaño de un pasador artificial.

En la presente disposición, al contener dos clases de CA que tienen radios iónicos diferentes, es posible realizar una frecuencia de nucleación intermedia entre las frecuencias de nucleación realizadas por los CA respectivos solos. Por tanto, es posible realizar un pasador artificial que tiene un tamaño intermedio entre los tamaños de pasadores artificiales realizados por las dos clases de CA solas.

Por ejemplo, cuando la capa de superconductor de óxido 30 contiene iterbio (Yb) y lutecio (Lu) como CA, es posible realizar una frecuencia de nucleación mayor que un caso en el que solo está contenido lutecio (Lu) como CA y menor que un caso en el que solo está contenido iterbio (Yb) como CA. Por tanto, es posible para formar un pasador artificial mayor que un caso en el que solo está contenido lutecio (Lu) como CA y menor que un caso en el que solo está contenido iterbio (Yb) como CA.

Según la presente disposición, se realiza un superconductor de óxido capaz de controlar el tamaño de un pasador artificial y mejorar una característica de campo magnético en una región de temperatura específica. Además, no está contenido SA para formar una celda unitaria superconductora en un pasador artificial, y de ese modo se mejora una característica de campo magnético.

(Séptima disposición)

Un superconductor de óxido de la presente disposición incluye una capa de superconductor de óxido que tiene una estructura de perovskita continua que contiene elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu). Los elementos de las tierras raras contienen un primer elemento que es praseodimio (Pr), un segundo elemento que es samario (Sm), al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y un cuarto elemento que es tulio (Tm).

El superconductor de óxido de la presente disposición es diferente del de la primera disposición particularmente en cuanto a que SA como un segundo elemento está limitado a samario (Sm), MA como tercer elemento está limitado a itrio (Y) u holmio (Ho), y CA como un cuarto elemento está limitado a tulio (Tm). Además, el superconductor de óxido de la presente disposición es diferente del de la primera disposición al no contener necesariamente SA o CA en exceso. A continuación en el presente documento, se omiten las cuestiones coincidentes con la primera disposición.

En la presente disposición, una diferencia relativamente pequeña entre el radio iónico de MA y el radio iónico de CA hace que la frecuencia de nucleación sea alta. Por tanto, se reduce el tamaño de un pasador artificial, y puede lograrse un superconductor de óxido que tiene una excelente característica de campo magnético particularmente en una región de baja temperatura.

A continuación en el presente documento, se describen funciones y efectos de la presente disposición, y también se describe un modelo de formación de CARP.

Por ejemplo, un caso de aplicación a un cable de transmisión de potencia o un limitador de corriente requiere la mejora de una característica de campo magnético en una región de temperatura de 77 K a 50 K. Por otro lado, por ejemplo, un caso de aplicación a un aparato de tratamiento de cáncer con haz de partículas pesadas o un tren de levitación magnética requiere la mejora de una característica de campo magnético alrededor de 30 K. Por tanto, también se requiere la mejora de una característica de campo magnético en una región de baja temperatura.

Con el fin de obtener un efecto como pasador artificial mostrado en una región de baja temperatura, es necesario reducir el tamaño de un pasador artificial. Por tanto, cuando se usa CARP como pasador artificial, es necesario reducir el tamaño de CARP. Con el fin de reducir el tamaño de CARP, es necesario encontrar el tamaño de CARP actualmente usado, y controlar el tamaño para que sea pequeño. Sin embargo, es difícil encontrar el tamaño de CARP.

Un pasador artificial de BaZrO_3 que se desarrolló anteriormente tiene una constante reticular diferente de YBCO en una fase de matriz, por tanto tiene una estructura separada, y tiene una superficie de contacto clara. Por tanto, es fácil especificar la posición de BZO. Por tanto, también es fácil encontrar el tamaño.

Sin embargo, CARP tiene una estructura completamente diferente de BZO convencional, y una parte de una estructura de perovskita continua forma un pasador artificial. Por tanto, incluso mediante observación de TEM, es difícil determinar si una estructura es CARP o un superconductor de YBCO, y es extremadamente difícil observar directamente el tamaño de CARP.

Es difícil observar directamente el tamaño de CARP. Sin embargo, una muestra ha obtenido un pequeño efecto para mejorar una característica de campo magnético usando una tecnología de control del tamaño de pasador a una temperatura de 30 K a un campo magnético de 1 T a 3 T. Teniendo en cuenta el tamaño basándose en un ejemplo de informe anterior, se estima que el tamaño de un pasador artificial en esta muestra es aproximadamente de desde 15 nm hasta 20 nm. Por tanto, se determina por analogía que el tamaño de CARP es aproximadamente de desde 15 nm hasta 20 nm.

Se determina por analogía la posición en la que está presente CARP a partir de la fluctuación de la posición de un átomo de Cu que puede observarse mediante TEM, o similar, y hay una alta posibilidad de que CARP se distribuya en una forma de bulto por la totalidad de una película. El CARP con forma de bulto se distribuye en la película de manera sustancialmente uniforme, y se estima que el CARP tiene un diámetro de 15 nm a 20 nm. Por tanto, si puede entenderse un modelo de formación de CARP (modelo de crecimiento de CARP), puede controlarse el tamaño de CARP mediante aplicación del modelo.

PA, SA y CA se ensamblan mediante un fenómeno de agrupación, PA produce cuatro celdas unitarias adyacentes en un plano a/b no superconductor, y de ese modo se forma el CARP anterior. Se estima que la totalidad del CARP funciona como pasador artificial. Con el fin de controlar el tamaño de CARP, es necesario encontrar una celda unitaria que sirva como punto de partida para formar CARP.

Hay una alta posibilidad de que el punto de partida para formar CARP sea CA. En una estructura de perovskita de YBCO, hay una correlación entre el radio iónico de un elemento para entrar en un sitio de Y y la presión parcial de oxígeno óptima en el momento de la formación de película. La presión parcial de oxígeno óptima es un valor al que un valor de J_c de un superconductor resultante es el más grande en nitrógeno líquido. Además, la presión parcial de oxígeno tiene una correlación inversa con el radio iónico.

Por ejemplo, LaBCO tiene una presión parcial de oxígeno óptima de 0,2 ppm, NdBCO tiene una presión parcial de oxígeno óptima de 5 ppm, y SmBCO tiene una presión parcial de oxígeno óptima de 20 ppm. El tamaño del radio iónico se indica mediante $La > Nd > Sm > Y > Tm > Yb > Lu$. YBCO tiene una presión parcial de oxígeno óptima de 1000 ppm. Se considera que TmBCO, YbBCO y LuBCO tienen presiones parciales de oxígeno óptimas de aproximadamente 2000 ppm, 3000 ppm y 4000 ppm, respectivamente, aunque no están claros los valores exactos de las mismas.

Se considera que una diferencia del radio iónico eficaz entre elementos está determinada mediante una diferencia logarítmica con respecto a la presión parcial de oxígeno óptima de YBCO. En cuanto a una diferencia con respecto a la presión parcial de oxígeno óptima de YBCO, la presión parcial de oxígeno óptima de SmBCO para constituir CARP es de 1/50 de la de YBCO, es decir, hay una diferencia de 50 veces. TmBCO tiene una diferencia de dos veces, YbBCO tiene una diferencia de tres veces, y LuBCO tiene una diferencia de cuatro veces. No hay datos para PrBCO, sino que los datos son entre La y Nd, y se estima que es de desde 0,2 ppm hasta 5 ppm, pero se considera que es de aproximadamente 1 ppm. CA tiene la menor diferencia del radio iónico eficaz con respecto a YBCO. A medida que la diferencia del radio iónico es menor, la frecuencia de nucleación debe ser relativamente mayor, y hay una alta posibilidad de que el punto de partida para hacer crecer CARP sea CA. PA o SA tienen una frecuencia de nucleación menor que CA.

Un factor importante para determinar el tamaño de CARP es la frecuencia de nucleación en MA y CA. Cuando la frecuencia de nucleación en CA es de 1/1000000 de MA, se hace crecer un CA con respecto a 1000000 MA, y se ensamblan los elementos circundantes para constituir CARP. Estos elementos forman CARP. De manera provisional, se supone que se hace crecer un CA con respecto a 1000000 MA a CA = Lu. En este momento, cuando Tm que tiene una frecuencia de nucleación de 100 veces la de Lu para CA, se generan en núcleo 100 CA, es decir, 100 Tm, con respecto a 1000000 MA.

Las figuras 8A y 8B son diagramas que ilustran funciones y efectos de la séptima disposición. Las figuras 8A y 8B son diagramas que ilustran esquemáticamente la diferencia de crecimiento de CARP cuando se aplican CA que tienen radios iónicos diferentes.

La figura 8A ilustra un caso en el que CA es Tm. La figura 8B ilustra un caso en el que CA es Yb. Tm tiene una diferencia menor del radio iónico con respecto a Y que Yb. Por tanto, la diferencia entre el tamaño de celda unitaria de TmBCO y el tamaño de celda unitaria de YBCO es menor que la diferencia entre el tamaño de celda unitaria de YbBCO y el tamaño de celda unitaria de YBCO, y hace que la frecuencia de nucleación sea mayor. En un caso de Tm que tiene una frecuencia de nucleación mayor que Yb, si los elementos para constituir CARP están presentes a la misma densidad, se forman más CARP que en un caso de Yb, y se reduce el tamaño de CARP, es decir, el diámetro promedio de CARP.

Una vez que se produce la nucleación, se considera que se hace crecer CARP de manera preferencial y pasa a ser más grande siempre que se suministren elementos para constituir CARP a partir del entorno. Sin embargo, por ejemplo, los elementos para constituir CARP solo ocupan aproximadamente el 8 % del total. Cuando se usan los elementos para constituir CARP, se reduce la concentración de los elementos para constituir CARP presentes alrededor del mismo, y se aumenta la posibilidad de crecimiento de YBCO. Una vez que se hace crecer YBCO, la misma celda unitaria de YBCO crece fácilmente en una celda adyacente. En este momento, CARP que ha crecido está rodeado por YBCO que es MA, y pasa a tener una forma de bulto. Anteriormente se ha descrito un modelo de crecimiento de CARP que queda actualmente claro.

A partir del modelo anterior, se estima que se forma un CARP formado a Pr : Sm : Yb = 1 : 1 : 2, que tiene el mismo

tamaño, aunque la cantidad de elementos para constituir CARP pase a ser el doble. Se supone que la muestra 1 a Pr : Sm : Yb = 1 : 1 : 2 (%) y la muestra 2 a Pr : Sm : Yb = 2 : 2 : 4 están formadas por película. La cantidad de nucleación Yb de la segunda es el doble de la de la primera, y por tanto el número de CARP en el mismo volumen es el doble. Una región que puede incluir elementos para constituir CARP es 1/2. Sin embargo, la concentración de elementos para constituir CARP en la región es el doble, y por tanto se obtiene como resultado el tamaño de CARP que tiene la misma cantidad. Además, en general, incluso en un caso de n veces de 1 : 1 : 2, se obtiene el mismo resultado. Cuando se forman películas que tienen la misma razón de PA : SA : CA pero cantidades totales diferentes, el tamaño es el mismo pero solo se aumenta el número de CARP.

En el caso anterior, por ejemplo, cuando solo se aumenta CA a partir de PA : SA : CA = 1 : 1 : 2 para obtener PA : SA : CA = 1 : 1 : 10, el volumen de elementos para constituir CARP es el mismo (la cantidad en exceso de CA de 8 no forma CARP), pero el número de nucleación es cinco veces el número antes del aumento. Es decir, se forma CARP en una cantidad cinco veces la cantidad de CA convencional. Este es un Modelo de formación de CARP que queda actualmente claro.

Medios particularmente eficaces para reducir el tamaño de CARP son (1) aumentar solo CA y (2) usar CA que tiene una frecuencia de nucleación superior. Cuando se aumenta el número de nucleación, el tamaño final de CARP está determinado por la cantidad de elementos para constituir CARP. El tamaño de CARP en el modelo de crecimiento de CARP actual puede describirse de la siguiente manera.

$$D(\text{CP}) = k \times M(\text{CP}) \times V(\text{MA})/V(\text{CA})$$

En la fórmula anterior, los signos se definen de la siguiente manera.

D(CP): diámetro promedio de CARP (diámetro de CARP)

M(CP): número molar por unidad de volumen de elementos para constituir CARP (masa de CARP)

V(MA): velocidad (frecuencia) de nucleación de MA (velocidad de nucleación de MA)

V(CA): velocidad (frecuencia) de nucleación de CA (velocidad de nucleación de CA)

k: constante en el modelo de crecimiento de CARP (constante de CARP)

A continuación en el presente documento se describen ejemplos.

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se forma una disolución o un superconductor que tiene una estructura de perovskita mezclando muchos acetatos de metal. En un superconductor basado en Y que tiene una estructura de perovskita, Y o un elemento en un grupo lantanoide está presente en un sitio de Y (sitio de tierras raras), y Ba y Cu están presentes en los demás sitios. La razón entre los mismos es de aproximadamente 1 : 2 : 3. Por tanto, prestando atención al elemento de metal usado en el sitio de Y, se realiza la siguiente descripción.

En el siguiente ejemplo, se necesitan al menos cuatro clases de elementos (al menos tres clases de elementos en una parte) como elemento en el sitio de Y. Estos son PA para generar un pasador artificial, SA para ayudar al PA, MA para actuar como fase de matriz, y finalmente CA necesario para formar una agrupación, que tiene un radio iónico pequeño. Solo puede usarse Pr para PA. Pueden usarse Nd, Sm, Eu y Gd para SA. Pueden usarse Tb, Dy, Ho e Y para MA. Pueden usarse Er, Tm, Yb y Lu para CA. En un caso del tercer CARP, también puede usarse Gd como parte de MA.

Cuando están contenidas tres clases de elementos de las tierras raras, no se usa SA. En este caso, puede usarse Gd para MA. Solo puede usarse Pr para PA. Sin embargo, se forma una agrupación añadiendo Y o similar a Gd para MA, y se forma una agrupación con Tm o similar para CA.

En el siguiente ejemplo, se describe un elemento en el orden de un elemento de grupo lantanoide que tiene un número atómico más pequeño, y se describe en el orden de PA, SA, MA y CA. Cuando se usa Y para MA, Y se describe al final. PA + SA, MA y CA están unidos con un guion. Por ejemplo, un caso en el que se satisface MA = Y y se mezclan Pr, Sm y Lu al 4 %, 4 % y 8 %, respectivamente, se describe como 4 %Pr4 %Sm-Y-8 %Lu.

Sin embargo, en los dos casos siguientes, puede omitirse la descripción de la razón entre elementos. Estos son casos de PA = SA y CA = 2 × PA. Con frecuencia se argumenta una técnica de agrupación basándose en PA = SA y PA + SA = CA, y por tanto se usa tal método de omitir la descripción.

Por ejemplo, un caso en el que se satisface MA = Y y Pr, Sm y Lu están al 2 %, 2 % y 10 %, respectivamente, puede describirse como 2 %PrSm-Y-10 %Lu. Un caso en el que Pr, Sm y Lu están al 2 %, 6 % y 4 %, respectivamente,

puede describirse como 2 %Pr6 %Sm-Y-Lu. Un caso en el que Pr, Sm y Lu están al 2 %, 2 % y 4 %, respectivamente, puede describirse como 2 %PrSm-Y-Lu.

5 Con el fin de examinar el grado de mejora de una característica de campo magnético, una razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2) se define de la siguiente manera mientras se usa YBCO que no contiene CARP como muestra de referencia.

$$\text{Eff (X, T, B1, B2)} = [\text{Jc(X, T, B2)}/\text{Jc(YBCO, T, B2)}]/[\text{Jc(X, T, B1)}/\text{Jc(YBCO, T, B1)}]$$

10 Por ejemplo, una razón de mejora de característica de una película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu a 77 K en 1 T \rightarrow 5 T puede escribirse de la siguiente manera.

15 Se satisface Eff (1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu, 77 K, 1 T, 5 T) = [Jc(1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu, 77 K, 5 T)/Jc(YBCO, 77 K, 5 T)]/[Jc(1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu, 77 K, 1 T)/Jc(YBCO, 77 K, 1 T)], y este valor es de 2,028. El siguiente ejemplo evalúa la presencia de mejora de característica basándose en la definición anterior.

(Ejemplo 1)

20 En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Lu(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,96 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 1Mi-1 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 1, material basado en Y con impurezas).

30 De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Lu(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,88 : 0,10 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 1Mi-1 %PrSm-Y-10 %Lu.

35 Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 1Mi-1 %PrSm-Y-Lu y 1Mi-1 %PrSm-Y-10 %Lu contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

40 Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 1Mi-1 %PrSm-Y-Lu y 1Mi-1 %PrSm-Y-10 %Lu en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 1M-1 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 1, material basado en Y sin impureza) y 1M-1 %PrSm-Y-10 %Lu, respectivamente.

45 Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 1M-1 %PrSm-Y-Lu y 1M-1 %PrSm-Y-10 %Lu en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 1Cs-1 %PrSm-ILu (ejemplo 1, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 1Cs-1 %PrSm-Y-10 %Lu en cuanto a un ion de metal, respectivamente.

50 Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 1Cs-1 %PrSm-Y-Lu y 1Cs-1 %PrSm-Y-10 %Lu entre sí a una razón de 7 : 1, 6 : 2, 4 : 4 o 2 : 6 para obtener disoluciones de recubrimiento de 1Cs-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-6 %Lu y 1Cs-1 %PrSm-Y-8 %Lu.

55 Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 1Cs-1 %PrSm-Y-Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 1Cs-1 %PrSm-Y-8 %Lu y 1Cs-1 %PrSm-Y-10 %Lu mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

60 A continuación, se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu (ejemplo 1, película de superconductor basado en Y), 1FS-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-8 %Lu, y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu.

65 Se midieron las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-4 %Lu,

1FS-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-8 %Lu, y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n).

5 La figura 2 ilustra un resultado de medición de XRD de las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu. En la figura 2, 1FS-1 %PrSm-Y-Lu se indica mediante una línea discontinua, y un segundo 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu se indica mediante una línea continua.

10 En 1FS-1 %PrSm-Y-Lu en la figura 2, se observa una fase pequeña diferente de un óxido complejo basado en BaCu, pero se observan aproximadamente los mismos picos que los picos individuales de YBCO (00n), y cada uno de los picos es un pico que no está separado. Un pico de YBCO (006) a $2\theta = 46,68$ grados indica esto claramente. Además, la intensidad es suficientemente fuerte, y se estima que todos los materiales forman una estructura de perovskita continua. Es decir, esto indica que PrBCO, SmBCO y LuBCO están incorporados en una estructura de perovskita de YBCO en este sistema.

15 La figura 2 indica que la otra película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu tiene aproximadamente los mismos picos e intensidad que 1FS-1 %PrSm-Y-Lu. Este sistema contiene LuBCO en exceso en un 8 %, y la figura 2 indica que LuBCO se incorpora en una estructura de perovskita. Es decir, puede estimarse que la estructura obtenida en el ejemplo 1 es una estructura en la que solo CARP ha pasado a ser menor mientras que se mantiene una estructura de perovskita continua tal como se ilustra en la figura 1B.

20 Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 1FS-1 %PrSm-Y-8 %Lu, y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 6,3, 6,4, 6,3, 6,1, 6,0 y 6,2 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO no se confirma fácilmente debido a corresponder a una degradación del 5 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, si se produce agrupación, se confirma un efecto mediante medición de J_c -B.

30 La figura 9 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de J_c -B en el ejemplo 1. La figura 8 ilustra un resultado de medición de un valor de J_c de cada una de las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu en un campo magnético de 1 a 5 T a 77 K. La figura 8 también ilustra un resultado de medición en un caso de un superconductor de YBCO como muestra de referencia. El eje horizontal de la figura 8 indica un campo magnético usando T como unidad, y el eje vertical de la misma indica un valor de J_c y es un eje logarítmico.

35 El gráfico indica que la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-Lu tiene una característica mayor que un superconductor de YBCO a 2 T, y tiene una característica todavía mayor a 5 T. La característica de la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu pasa a ser mayor que la característica del superconductor de YBCO como muestra de referencia a 2 T de manera similar, y pasa a ser todavía mayor a 4 T o 5 T. El resultado anterior indica que una característica de campo magnético se ha mejorado añadiendo lutecio en exceso.

40 La figura 10 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de J_c -B en el ejemplo 1. La figura 9 ilustra un resultado de medición de un valor de J_c de cada una de las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu en un campo magnético de 1 a 5 T a 60 K. El eje horizontal de la figura 8 indica un campo magnético usando T como unidad, y el eje vertical de la misma indica un valor de J_c y es un eje logarítmico. Generalmente la característica de J_c -B de la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-Lu era ligeramente menor que la del superconductor de YBCO como muestra de referencia.

45 Se examinó la razón de mejora de característica, y Eff (1FS-1 %PrSm-Y-Lu, 60 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 60 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 60 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 60 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-8 %Lu, 60 K, 1 T, 5 T), y Eff (1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu, 60 K, 1 T, 5 T) fueron de 1,074, 1,112, 1,127, 1,133, 1,146 y 1,152, respectivamente. Se ha encontrado que se observa ligeramente un efecto de mejora de una característica de campo magnético con respecto al superconductor de YBCO como muestra de referencia.

50 La película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu muestra un resultado próximo a una característica de superconducción de 1FS-1 %PrSm-Y-Lu a 1 T. 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu tiene una característica mejor a medida que el campo magnético es mayor, y tiene un resultado aproximadamente igual al superconductor de YBCO a 5 T.

55 Se considera que este resultado indica que la frecuencia de nucleación se aumenta al aumentar el contenido de Lu desde el 2 % hasta el 10 %, se reduce el tamaño de un pasador artificial, y se muestra un efecto de mejora de una característica de campo magnético a una temperatura inferior.

60 La figura 11 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de J_c -B en el ejemplo 1. La figura 10 ilustra un resultado de medición de un valor de J_c de cada una de las películas superconductoras 1FS-1 %PrSm-Y-Lu y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu en un campo magnético de 1 a 5 T a 50 K. Este resultado indica que la diferencia de

65

característica entre 1FS-1 %PrSm-Y-Lu y 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu es pequeña.

Se examinó la razón de mejora de característica, y Eff (1FS-1 %PrSm-Y-Lu, 50 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-3 %Lu, 50 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-4 %Lu, 50 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-6 %Lu, 50 K, 1 T, 5 T), Eff (1FS-1 %PrSm-Y-8 %Lu, 50 K, 1 T, 5 T), y Eff (1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu, 50 K, 1 T, 5 T) fueron de 1,086, 1,098, 1,092, 1,095, 1,101 y 1,106, respectivamente. No puede determinarse que no haya ningún efecto de mejora de una característica de campo magnético debido a un Eff de uno o más, pero no se observa un efecto claro. Hay una posibilidad de que el tamaño de un pasador artificial no sea apropiado en esta región de temperatura.

El resultado anterior puede entenderse de la siguiente manera. Se considera que CARP de la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-Lu se forma tal como se ilustra en la figura 7. Se usa una razón estequiométrica en la que es posible el ensamblaje en una parte de CARP como razón cuantitativa entre Pr, Sm y Lu que son elementos que van a añadirse. Por tanto, se considera que Pr, Sm o Lu casi no están presentes en partes distintas de CARP.

Mientras tanto, se considera que CARP de la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu se forma tal como se ilustra en la figura 1B. Lu está presente en exceso, y por tanto la frecuencia de nucleación se aumenta proporcionalmente con la cantidad en exceso. Es decir, se considera que la frecuencia de nucleación ha pasado a ser de cinco veces porque el contenido de Lu ha pasado a ser de cinco veces. Cuando la cantidad de nucleación pasa a ser de cinco veces la cantidad habitual, el volumen de CARP también pasa a ser de 1/5. Sin embargo, se considera que CARP tiene una forma de moneda plana, y se considera que el radio de CARP ha pasado a ser de aproximadamente 1/2,236.

Se considera que la frecuencia de nucleación de SA o CA con respecto a MA participa en las condiciones para formar CARP. Se considera que la película superconductora 1FS-1 %PrSm-Y-10 %Lu se obtiene debido a la formación de CARP más pequeño controlando la frecuencia de nucleación. Se considera que el segundo CARP es un material de alambre que tiene una pequeña corriente de derivación interna (IBC) y no se extingue fácilmente cuando se forma una bobina. El ejemplo 1 ha sido capaz de proporcionar un material superconductor capaz de controlar el tamaño de pasador del segundo CARP para tener un tamaño pequeño al tiempo que se mantiene T_c .

(Ejemplo 2)

En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Lu}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,96 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 2Mi-1 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 2, material basado en Y con impurezas).

De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Lu}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,10 : 0,88 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 2Mi-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu. El contenido de Lu en esta sustancia era del 2 %, el doble del contenido de Pr mediante la definición de la descripción.

Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 2Mi-1 %PrSm-Y-Lu y 2Mi-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 2Mi-1 %PrSm-Y-Lu y 2Mi-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 2Mi-1 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 2, material basado en Y sin impureza) y 2Mi-1 %PrSm-Y-10 %Lu, respectivamente.

Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 2M-1 %PrSm-Y-Lu y 2M-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 2Cs-1 %PrSm-ILu (ejemplo 2, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 2Cs-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu en cuanto a un ion de metal, respectivamente.

Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 2Cs-1 %PrSm-Y-Lu y 2Cs-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu entre sí a una

razón de 8 : 1, 6 : 3, 4 : 5 o 2 : 7 para obtener disoluciones de recubrimiento de 2Cs-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, y 2Cs-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu.

5 Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 2Cs-1 %PrSm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, 2Cs-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu, y 2Cs-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

10 A continuación, se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 2FS-1 %PrSm-Y-Lu (ejemplo 2, película de superconductor basado en Y), 2FS-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu, y 2FS-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu.

15 Se midieron las películas superconductoras 2FS-1 %PrSm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu, y 2FS-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n). Este resultado indica que se han formado PrBCO, SmBCO y LuBCO en una estructura de perovskita continua con respecto a YBCO.

20 Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 2FS-1 %PrSm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, 2FS-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu, y 2FS-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 6,3, 6,5, 6,4, 6,8, 7,1, y 7,3 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Los valores de J_c fueron valores ligeramente mayores, probablemente por una influencia de Sm, pero fueron satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO corresponde a una degradación del 5 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, no se ha confirmado el fenómeno. Sin embargo, si se produce agrupación para generar un pasador artificial, se confirma un efecto mediante medición de J_c -B.

30 Se examinó la presencia de un efecto de mejora de una característica usando la razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2). Eff (2FS-1 %PrSm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (2FS-1 %Pr2 %Sm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (2FS-1 %Pr4 %Sm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T), Eff(2FS-1 %Pr6 %Sm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T), Eff(2FS-1 %Pr8 %Sm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T), y Eff (2FS-1 %Pr10 %Sm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T) fueron de 1,501, 1,662, 1,723, 1,775, 1,799 y 1,832, respectivamente. Se ha encontrado que se observa un efecto de mejora de una característica de campo magnético con respecto al superconductor de YBCO como muestra de referencia cuando el contenido de Sm es del doble o más de la diferencia entre el contenido de CA y el contenido de PA.

40 También se considera que Sm entra en una parte de agrupación con más prioridad que Pr al aumentar el contenido de Sm. El resultado experimental indica que Sm y Pr se incorporan en la parte de agrupación mientras se mantiene Sm : Pr = 1 : 1 y la cantidad aumentada de Sm participa en el aumento de la nucleación. Se ha encontrado que se aumenta la frecuencia de nucleación de un pasador artificial al aumentar no solo CA sino también SA.

45 Además, se considera que la frecuencia de nucleación se aumenta al añadir SA en exceso para reducir el tamaño de un pasador artificial. Por tanto, se considera que una característica de campo magnético se mejora en comparación con un caso en el que SA no se añade en exceso en una región de temperatura inferior a 77 K, particularmente a 70 K o 60 K. Se considera que una característica se mejora en un lado de temperatura inferior en un sistema en el que la frecuencia de nucleación es mayor, particularmente en un sistema que usa Tm o similar para CA.

50 (Ejemplo 3)

55 En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Gd(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Yb(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,48 : 0,48 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 3Mi-1 %PrSm-GdY-Yb (sustancia descrita en el ejemplo 3, material basado en GdY con impurezas).

65 De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Gd(OCOCH₃)₃, Yb(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,44 : 0,44 : 0,10 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante

12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 3Mi-1 %PrSm-GdY-10 %Yb.

Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 3Mi-1 %PrSm-GdY-Yb y 3Mi-1 %PrSm-GdY-10 %Yb contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 3Mi-1 %PrSm-GdY-Yb y 3Mi-1 %PrSm-GdY-10 %Yb en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3). Se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 3M-1 %PrSm-GdY-Yb (sustancia descrita en el ejemplo 3, material basado en Y sin impureza) y 3M-1 %PrSm-GdY-10 %Yb.

Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 3M-1 %PrSm-GdY-Yb y 3M-1 %PrSm-GdY-10 %Yb en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 3Cs-1 %PrSm-GdY-Yb (ejemplo 3, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 3Cs-1 %PrSm-GdY-10 %Yb, respectivamente.

Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 3Cs-1 %PrSm-GdY-Yb y 3Cs-1 %PrSm-GdY-10 %Yb entre sí a una razón de 7 : 1, 6 : 2, 4 : 4 o 2 : 6 para obtener disoluciones de recubrimiento de 3Cs-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, y 3Cs-1 %PrSm-GdY-8 %Yb.

Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 3Cs-1 %PrSm-GdY-Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, 3Cs-1 %PrSm-GdY-8 %Yb, y 3Cs-1 %PrSm-GdY-10Yb mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

A continuación, se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 3FS-1 %PrSm-GdY-Yb (ejemplo 3, película de superconductor basado en Y), 3FS-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-8 %Yb, y 3FS-1 %PrSm-GdY-10 %Yb.

Se midieron las películas superconductoras 3FS-1 %PrSm-GdY-Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-8 %Yb, y 3FS-1 %PrSm-GdY-10 %Yb mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n). Este resultado indica que se han formado PrBCO, SmBCO e YbBCO en una estructura de perovskita continua con respecto a YBCO.

Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 3FS-1 %PrSm-GdY-Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, 3FS-1 %PrSm-GdY-8 %Yb, y 3FS-1 %PrSm-GdY-10 %Yb en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 6,5, 6,5, 6,4, 6,3, 6,4, y 6,1 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO no se confirma fácilmente debido a corresponder a una degradación del 5 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, si se produce agrupación, se confirma un efecto mediante medición de J_c -B.

Se examinó la razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2) con el fin de examinar la presencia de mejora de característica, y se obtuvo Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-10 %Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 2,402.

De manera similar, se obtuvo Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,743, y Eff mejoró desde 1,743 hasta 2,402 al aumentar Yb desde el 2 % convencional hasta el 10 %. Se encuentra que al aumentar la frecuencia de nucleación, se reduce el tamaño de un pasador artificial y se mejora una característica de campo magnético a 77 K.

De manera similar a lo anterior, se examinaron Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-3 %Yb, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-4 %Yb, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-6 %Yb, 77 K, 1 T, 5 T), y Eff (3FS-1 %PrSm-GdY-8 %Yb, 77 K, 1 T, 5 T), y fueron de 1,967, 2,135, 2,257 y 2,312, respectivamente. Se ha encontrado que hay un claro efecto aunque el contenido de Yb sea de 1,5 veces.

En este ejemplo, se mezclan GdY e Y a 1 : 1 para Y, y se usa Yb para Lu. El radio iónico promedio de MA está más próximo del de PA o SA, y el radio iónico de CA también está más próximo al usar Yb en lugar de Lu en vista de las condiciones de agrupación. Se ha encontrado que el aumento de CA aumenta la frecuencia de nucleación y reduce el tamaño de un pasador artificial incluso en esta situación.

Se ha encontrado que la técnica para reducir el tamaño de un pasador artificial mediante CA o SA en exceso obtiene un efecto similar aunque MA sea un sistema diferente de una sustancia simple de Y, o haya radios iónicos promedio

diferentes mediante mezclado tal como se describió anteriormente. En el método de TFA-MOD, la anisotropía de forma tal como el radio iónico o la constante reticular tiene un significado especial en la agrupación de un pasador artificial. También en la técnica para controlar el tamaño de un pasador artificial, el valor promedio del radio iónico de un elemento que va a añadirse tiene un significado especial.

5 El radio iónico promedio de cada uno de PA, SA, MA y CA es un factor clave en la técnica para controlar el tamaño de un pasador artificial. Se indica que solo cuando cada uno de los radios iónicos promedio satisface condiciones deseadas, se aumenta la frecuencia de nucleación, se reduce el tamaño de CARP, y se mejora una característica de campo magnético. Puede esperarse que un elemento distinto de los usados en el ejemplo 3 tenga un efecto similar siempre que el elemento pueda agruparse.

(Ejemplo 4)

15 En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Lu}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 4Mi-2 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 4, material basado en Y con impurezas).

25 De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Yb}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 4Mi-2 %PrSm-Y-Yb.

30 Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 4Mi-2 %PrSm-Y-Lu y 4Mi-2 %PrSm-Y-Yb contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

35 Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 4Mi-2 %PrSm-Y-Lu y 4Mi-2 %PrSm-Y-Yb en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 4M-2 %PrSm-Y-Lu (sustancia descrita en el ejemplo 4, material basado en Y sin impureza) y 4M-2 %PrSm-Y-Yb, respectivamente.

40 Se disolvieron las sustancias azules semitransparentes 4M-2 %PrSm-Y-Lu y 4M-2 %PrSm-Y-Yb en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 4Cs-2 %PrSm-Y-Lu (ejemplo 4, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 4Cs-2 %PrSm-Y-Yb en cuanto a un ion de metal, respectivamente.

45 Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 4Cs-2 %PrSm-Y-Lu y 4Cs-2 %PrSm-Y-Yb entre sí a una razón de 1 : 3, 2 : 2 o 3 : 1 para obtener disoluciones de recubrimiento de 4Cs-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, 4Cs-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, y 4Cs-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu.

50 Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 4Cs-2 %PrSm-Y-Lu, 4Cs-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, 4Cs-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, 4Cs-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu, y 4Cs-2 %PrSm-Y-Yb mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

55 A continuación, se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 4FS-2 %PrSm-Y-Lu (ejemplo 4, película de superconductor basado en Y), 4FS-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, y 4FS-2 %PrSm-Y-Yb.

60 Se midieron las películas superconductoras 4FS-2 %PrSm-Y-Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, y 4FS-2 %PrSm-Y-Yb mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n). Este resultado indica que se han formado PrBCO, SmBCO, YbBCO y LuBCO en una estructura de perovskita continua con respecto a YBCO.

65 Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 4FS-2 %PrSm-Y-Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu,

4FS-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, 4FS-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, y 4FS-2 %PrSm-Y-Yb en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 5,9, 6,1, 5,8, 6,0, y 6,3 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO corresponde una degradación del 10 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, se considera que no se ha observado el fenómeno.

Se examinó la razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2) con el fin de examinar la presencia de mejora de característica, y se obtuvo Eff (4FS-2 %PrSm-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,852.

De manera similar, se obtuvo Eff (4FS-2 %PrSm-Y-Lu, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,501. Una muestra obtenida mezclando Lu e Yb es de la siguiente manera. Se obtuvieron Eff (4FS-2 %PrSm-Y-1 %Yb3 %Lu, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,589, Eff (4FS-2 %PrSm-Y-2 %Yb2 %Lu, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,650, y Eff (4FS-2 %PrSm-Y-3 %Yb1 %Lu, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,737. El resultado indica que la razón de mejora de característica de campo magnético se aumenta al aumentar el contenido de Yb.

En la formación de CARP en YBCO, YbBCO tiene una frecuencia de nucleación mayor que LuBCO, y se estima que la frecuencia es de aproximadamente siete veces. El radio iónico de Lu o Yb es bastante diferente del de Y para MA. Se sabe que la diferencia del radio iónico se reduce en aproximadamente el 25 % cuando se usa Yb en lugar de Lu. Cuando se usa Y para MA, se considera que la frecuencia de nucleación debida a Lu o Yb está determinada por la diferencia del radio iónico. Cuanto mayor es la diferencia del radio iónico, menor es la frecuencia de nucleación.

Se considera que este argumento es próximo al argumento de falta de correspondencia reticular. Se dice que no se produce crecimiento cuando la falta de correspondencia reticular es de aproximadamente el 7 %. Este estado es un estado en el que la frecuencia de nucleación se reduce hasta cero. Cuando la falta de correspondencia reticular es de cero, la frecuencia de nucleación es máxima. Sin embargo, la falta de correspondencia cambia de manera lineal, pero la frecuencia de nucleación cambia de manera exponencial y logarítmica. Es decir, un científico de cálculo destaca que la reducción de la falta de correspondencia en un 25 % mejora la frecuencia de nucleación aproximadamente 10 veces. Se considera que un cambio de CA de Lu a Yb ha provocado este aumento de la frecuencia de nucleación.

En el futuro, deben desarrollarse condiciones de un radio iónico menor o una combinación de las mismas. Sin embargo, naturalmente, la mejor región de temperatura para mejorar una característica de campo magnético debe estar presente según la diferencia en un radio iónico. Se sabe que se observa un efecto de mejora de una característica de campo magnético cuando Er, Tm, Yb o Lu entran en CA. Sin embargo, se considera que una región de temperatura para mejorar una característica de campo magnético está presente en una región discontinua cuando el 100 % de estos elementos entran en CA. Por tanto, se desea una técnica para generar un efecto en una región intermedia de las mismas.

En el control del tamaño de pasador en los ejemplos 1 a 3, solo es posible aumentar la frecuencia de nucleación al aumentar un elemento en un sitio de CA. Sin embargo, en el presente ejemplo, se ha encontrado que al mezclar Yb y Lu, puede obtenerse un CA que obtiene una frecuencia de nucleación intermedia de los mismos. Esto permite formar CARP que tiene una característica de campo magnético máxima en cualquier región de temperatura.

(Ejemplo 5)

En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Yb(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 5Mi-2 %PrSm-Y-Yb (sustancia descrita en el ejemplo 5, material basado en Y con impurezas).

De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Eu(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Yb(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 5Mi-2 %PrEu-Y-Yb.

Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 5Mi-2 %PrSm-Y-Yb y 5Mi-2 %PrEu-Y-Yb contenía agua o ácido acético como subproducto en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas $SMi-2 \%PrSm-Y-Yb$ y $5Mi-2 \%PrEu-Y-Yb$ en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes $5M-2 \%PrSm-Y-Yb$ (sustancia descrita en el ejemplo 5, material basado en Y sin impureza) y $5M-2 \%PrEu-Y-Yb$, respectivamente.

Se disolvieron las sustancias azules semitransparentes $5M-2 \%PrSm-Y-Yb$ y $5M-2 \%PrEu-Y-Yb$ en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de $5Cs-2 \%PrSm-Y-Yb$ (ejemplo 5, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y $5Cs-2 \%PrEu-Y-Yb$ en cuanto a un ion de metal, respectivamente.

Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de $5Cs-2 \%PrSm-Y-Yb$ y $5Cs-2 \%PrEu-Y-Yb$ entre sí a una razón de 3 : 1, 2 : 2 o 1 : 3 para obtener disoluciones de recubrimiento de $5Cs-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb$, $5Cs-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb$, y $5Cs-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb$.

Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de $5Cs-2 \%PrSm-Y-Yb$, $5Cs-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb$, $5Cs-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb$, $5Cs-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb$, y $5Cs-2 \%PrEu-Y-Yb$ mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

Se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras $5FS-2 \%PrSm-Y-Yb$ (ejemplo 5, película de superconductor basado en Y), $5FS-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb$, y $5FS-2 \%PrEu-Y-Yb$.

Se midieron las películas superconductoras $5FS-2 \%PrSm-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb$, y $5FS-2 \%PrEu-Y-Yb$ mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n). Este resultado indica que se han formado PrBCO, SmBCO, EuBCO, YBCO, e YbBCO en una estructura de perovskita continua con respecto a YBCO.

Se dispusieron cada una de las películas superconductoras $5FS-2 \%PrSm-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb$, $5FS-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb$, y $5FS-2 \%PrEu-Y-Yb$ en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 7,2, 7,0, 6,9, 6,7, y 6,4 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO corresponde a una degradación del 10 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, se considera que no se ha observado el fenómeno.

Se examinó la razón de mejora de característica $Eff(X, T, B1, B2)$, y se obtuvo $Eff(5FS-2 \%PrSm-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,852$.

De manera similar, se obtuvo $Eff(5FS-2 \%PrEu-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 2,232$. Una muestra obtenida mezclando Yb e Yb es de la siguiente manera. Se obtuvieron $Eff(5FS-2 \%Pr3 \%Sm1 \%Eu-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 1,956$, $Eff(5FS-2 \%Pr2 \%Sm2 \%Eu-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 2,044$, y $Eff(5FS-2 \%Pr1 \%Sm3 \%Eu-Y-Yb, 77 K, 1 T, 5 T) = 2,150$. El resultado indica que la razón de mejora de característica de campo magnético se aumenta al aumentar el contenido de Eu.

En la formación de CARP en YBCO, EuBCO tiene una frecuencia de nucleación mayor que SmBCO, y se estima que la frecuencia es de aproximadamente diez veces. El radio iónico de Sm o Eu es diferente del de Y para MA. Sin embargo, se sabe que la diferencia del radio iónico se reduce en aproximadamente el 30 % al usar Eu en lugar de Sm. Cuando se usa Y para MA, se considera que la frecuencia de nucleación debida a Sm o Eu está determinada por la diferencia del radio iónico. Cuanto mayor es la diferencia del radio iónico, menor es la frecuencia de nucleación.

Este argumento es casi el mismo que el del ejemplo 4. Esto indica que el uso de dos clases de elementos en un lado de SA obtiene una frecuencia de nucleación intermedia, y permite controlar la frecuencia de nucleación. Dicho de otro modo, puede controlarse el tamaño de un pasador artificial con el fin de obtener una característica de campo magnético máxima en una región de temperatura deseada.

Los ejemplos 4 y 5 indican un resultado obtenido ajustando ligeramente el tamaño de CA o SA al mezclar dos clases de elementos. Sin embargo, se considera que puede obtenerse un efecto similar mediante tres o más clases de elementos.

(Ejemplo 6)

- En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Dy}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,96 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 6Mi-1 %PrSmDyTm (sustancia descrita en el ejemplo 6, material basado en Dy con impurezas).
- De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Dy}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,88 : 0,10 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 6Mi-1 %PrSm-Dy-10 %Tm.
- Además, se preparó una disolución similar usando Ho en lugar del Dy anterior para obtener sustancias azules semitransparentes 6Mi-1 %PrSmHoTm y 6Mi-1 %PrSm-Ho-10 %Tm.
- Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 6Mi-1 %PrSm-Dy-Tm, 6Mi-1 %PrSmDy10 %Tm, 6Mi-1 %PrSm-Ho-Tm, y 6Mi-1 %PrSm-Ho-10 %Tm contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.
- Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 6Mi-1 %PrSm-Dy-Tm, 6Mi-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6Mi-1 %PrSm-Ho-Tm, y 6Mi-1 %PrSm-Ho-10 %Tm en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 6M-1 %PrSm-Dy-Tm (sustancia descrita en el ejemplo 6, material basado en Dy sin impureza), 6M-1 %PrSmDy10 %Tm, 6M-1 %PrSm-Ho-Tm, y 6M-1 %PrSm-Ho-10 %Tm, respectivamente.
- Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 6M-1 %PrSm-Dy-Tm, 6M-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6M-1 %PrSm-Ho-Tm, y 6M-1 %PrSm-Ho-10 %Tm en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 6Cs-1 %PrSm-Dy-Tm (ejemplo 6, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Dy), 6Cs-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-Tm, y 6Cs-1 %PrSm-Ho-10 %Tm, respectivamente.
- Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 6Cs-1 %PrSm-Dy-Tm y 6Cs-1 %PrSm-Dy-10 %Tm entre sí a una razón de 7 : 1, 6 : 2, 4 : 4 o 2 : 6 para obtener disoluciones de recubrimiento de 6Cs-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 6Cs-1 %PrSmDy6 %Tm, y 6Cs-1 %PrSmDy8 %Tm.
- De manera similar, se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 6Cs-1 %PrSm-Ho-Tm y 6Cs-1 %PrSm-Ho-10 %Tm entre sí a una razón de 7 : 1, 6 : 2, 4 : 4 o 2 : 6 para obtener disoluciones de recubrimiento de 6Cs-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-6 %Tm, y 6Cs-1 %PrSm-Ho-8 %Tm.
- Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 6Cs-1 %PrSm-Dy-Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-6 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-8 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-6oTm, 6Cs-1 %PrSm-Ho-8 %Tm, y 6Cs-1 %PrSm-Ho-10 %Tm mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.
- Se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 6FS-1 %PrSmDyTm (ejemplo 6, película de superconductor basado en Dy), 6FS-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-8 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-8 %Tm, y 6FS-1 %PrSm-Ho-10 %Tm.
- Se midieron las películas superconductoras 6FS-1 %PrSm-Dy-Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-8 %Tm, y 6FS-1 %PrSm-Dy-10 %Tm mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de DyBCO (00n).
- De manera similar, se midieron las películas superconductoras 6FS-1 %PrSm-Ho-Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-8 %Tm, y 6FS-1 %PrSm-Ho-10 %Tm

mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de HoBCO (00n).

5 Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 6FS-1 %PrSm-Dy-Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-8 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-6 %Tm, 6FS-1 %PrSm-Ho-8 %Tm, y 6FS-1 %PrSm-Ho-10 %Tm en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 6,2, 6,1, 6,5, 6,4, 6,3, 6,0, 6,2, 6,0, 6,3, 6,3, 6,4, y 6,2 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO no se confirma fácilmente debido a corresponder a una degradación del 5 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, si se produce agrupación, se confirma un efecto mediante medición de J_c -B.

15 Se examinó la razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2) con el fin de examinar la presencia de mejora de característica, y Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-3 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-4 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-6 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-8 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), y Eff (6FS-1 %PrSm-Dy-10 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T) fueron de 2,112, 2,403, 2,512, 2,630, 2,670 y 2,703, respectivamente.

20 De manera similar, con el fin de examinar la presencia de mejora de característica, se examinaron Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-3 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-4 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-6 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-8 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), y Eff (6FS-1 %PrSm-Ho-10 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), y fueron en consecuencia de 2,060, 2,388, 2,482, 2,570, 2,630 y 2,654, respectivamente.

30 El resultado anterior es próximo a un caso en el que se usa Y para MA. CARP tiene una alta tendencia a formarse con anisotropía de forma, y se considera que la tendencia se refleja en el resultado anterior. Es decir, puede usarse para MA otro elemento que tenga un radio iónico similar. Se encuentra que aunque se usen Dy o Ho, que se considera que tienen un radio iónico similar a Y, en lugar de Y, puede provocarse agrupación de manera similar, se forma CARP, y se obtiene un efecto de mejora de una característica de campo magnético.

35 Además, se ha encontrado que el 3 % de Tm o el 3 % de Tm también es eficaz con respecto a una muestra del 2 % de Tm o el 2 % de Tm como referencia. Se considera que el tamaño de CARP se reduce solo por el hecho de que la frecuencia de nucleación ha pasado a ser de 1,5 veces y la medición de J_c -B indica un efecto.

40 También se forma CARP en un sistema que usa Gd + Y para MA en lugar de Y, y se ha mejorado una característica de campo magnético. Hay una posibilidad muy alta de que la formación de CARP mediante el método de TFA-MOD se determine mediante anisotropía de forma, y se considera que se muestra un efecto similar mezclando Dy o Ho con Y, o similares, para su uso.

(Ejemplo 7)

45 En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Gd(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Tm(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,48 : 0,48 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 7Mi-2 %Pr-GdY-2 %Tm (sustancia descrita en el ejemplo 7, material basado en GdY con impurezas).

55 De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Gd(OCOCH₃)₃, Tm(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,44 : 0,44 : 0,10 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 7Mi-2 %Pr-GdY-10 %Tm.

60 Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 7Mi-2 %Pr-GdY-2 %Tm y 7Mi-2 %PrSm-GdY-10 %Tm contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

65 Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 7Mi-2 %Pr-GdY-2 %Tm y 7Mi-2 %Pr-GdY-10 %Tm en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un

evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 7M-2 %Pr-GdY-2 %Tm (sustancia descrita en el ejemplo 7, material basado en Y sin impureza) y 7M-2 %Pr-GdY-10 %Tm, respectivamente.

5 Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 7M-2 %Pr-GdY-2 %Tm y 7M-2 %Pr-GdY-10 %Tm en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 7Cs-2 %Pr-GdY-2 %Tm (ejemplo 7, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 7Cs-2 %Pr-GdY-10 %Tm, respectivamente.

10 Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 7Cs-2 %Pr-GdY-2 %Tm y 7Cs-2 %Pr-GdY-10 %Tm entre sí a una razón de 7 : 1, 6 : 2, 4 : 4 o 2 : 6 para obtener disoluciones de recubrimiento de 7Cs-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-6 %Tm, y 7Cs-2 %Pr-GdY-8 %Tm.

15 Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 7Cs-2 %Pr-GdY-2 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-6 %Tm, 7Cs-2 %Pr-GdY-8 %Tm, y 7Cs-2 %Pr-GdY-10 %Tm mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm.

20 Se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. A continuación, se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. A continuación, se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos, y se obtuvieron las películas superconductoras 7FS-2 %Pr-GdY-2 %Tm (ejemplo 7, película de superconductor basado en Y), 7FS-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-6 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-8 %Tm, y 7FS-2 %Pr-GdY-10 %Tm.

25 Se midieron las películas superconductoras 7FS-2 %Pr-GdY-2 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-6 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-8 %Tm, y 7FS-2 %Pr-GdY-10 %Tm mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n). Este resultado indica que se han formado PrBCO y TmBCO en una estructura de perovskita continua con respecto a GdBCO + YBCO.

30 Se dispusieron cada una de las películas superconductoras 7FS-2 %Pr-GdY-2 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-6 %Tm, 7FS-2 %Pr-GdY-8 %Tm, y 7FS-2 %Pr-GdY-10 %Tm en nitrógeno líquido, y se midió una característica de superconducción de las mismas en un campo magnético autogenerado mediante un método de inducción. Los valores de J_c fueron de 6,5, 6,5, 6,4, 6,3, 6,4, y 6,1 MA/cm² (77 K, 0 T), respectivamente. Se considera que estos valores de J_c son relativamente satisfactorios. Un fenómeno de degradación de 5 veces provocado por dispersión definitiva de PrBCO no se confirma fácilmente debido a corresponder a una degradación del 5 % de un valor de J_c en las muestras anteriores. Sin embargo, si se produce agrupación, se confirma un efecto mediante medición de J_c -B.

40 Se examinó la razón de mejora de característica Eff (X, T, B1, B2) con el fin de examinar la presencia de mejora de característica, y Eff (7FS-2 %Pr-GdY-2 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (7FS-2 %Pr-GdY-3 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (7FS-2 %Pr-GdY-4 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (7FS-2 %Pr-GdY-6 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), Eff (7FS-2 %Pr-GdY-8 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T), y Eff (7FS-2 %Pr-GdY-10 %Tm, 77 K, 1 T, 5 T) fueron de 1,203, 1,350, 1,404, 1,450, 1,482 y 1,521, respectivamente.

45 El sistema anterior es el tercer CARP para formar un pasador artificial sin SA. En teoría se espera una alta fuerza de pasador. En el ejemplo 7, se observa un efecto de mejora de una característica de campo magnético aunque es pequeño. Se ha encontrado que el tamaño de CARP se reduce al aumentar CA para obtener un efecto de mejora de una característica de campo magnético también en el tercer CARP.

50 En el presente ejemplo se usó Tm, que tiene un radio iónico relativamente grande teniendo en cuenta la formación de CARP debido a anisotropía de forma. Se considera que el tamaño de CARP se reduce mediante un cambio desde el 2 % de Tm hasta el 3 % de Tm, y se ha encontrado que esto es eficaz para mejorar una característica de campo magnético. En el tercer CARP que no contiene SA, se realiza un pequeño pasador artificial aumentando el contenido de CA, y mezclando dos o más clases de CA, debe realizarse un pasador artificial que tiene un tamaño intermedio entre los mismos. El ejemplo 7 ha respaldado esto.

(Ejemplo 8)

60 En primer lugar, se sintetizaron dos clases de disoluciones de recubrimiento para un superconductor y se purificaron según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de Pr(OCOCH₃)₃, Sm(OCOCH₃)₃, Y(OCOCH₃)₃, Yb(OCOCH₃)₃, Ba(OCOCH₃)₂, y Cu(OCOCH₃)₂ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF₃COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 8Mi-2 %PrSm-Y-Yb (sustancia descrita

en el ejemplo 8, material basado en Y con impurezas).

De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Yb}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,80 : 0,16 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 8Mi-2 %PrSm-Y-16 %Yb.

De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Yb}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,90 : 0,08 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 8Mi-1 %PrSm-Y-8 %Yb.

Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 8Mi-2 %PrSm-Y-Yb, 8Mi-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8Mi-1 %PrSm-Y-8 %Yb contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 8Mi-2 %PrSm-Y-Yb, 8Mi-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8Mi-1 %PrSm-Y-8 %Yb en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 8M-2 %PrSm-Y-Yb (sustancia descrita en el ejemplo 8, material basado en Y sin impureza), 8M-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8M-1 %PrSm-Y-8 %Yb, respectivamente.

Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 8M-2 %PrSm-Y-Yb, 8M-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8M-1 %PrSm-Y-8 %Yb en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 8Cs-2 %PrSm-Y-Yb (ejemplo 8, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y), 8Cs-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8Cs-1 %PrSm-Y-8 %Yb, respectivamente.

Se mezclaron las disoluciones de recubrimiento de 8Cs-2 %PrSm-Y-Yb y 8Cs-2 %PrSm-Y-16 %Yb entre sí a una razón de 2:1 o 1 : 2 para obtener disoluciones de recubrimiento de 8Cs-2 %PrSm-Y-8 %Yb y 8Cs-2 %PrSm-Y-12 %Yb.

Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 8Cs-2 %PrSmYYb, 8Cs-2 %PrSm-Y-8 %Yb, 8Cs-2 %PrSm-Y-12 %Yb, 8Cs-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8Cs-1 %PrSm-Y-8 %Yb mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm. Se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. Se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. Se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 8FS-2 %PrSm-Y-Yb (ejemplo 8, película de superconductor basado en Y), 8FS-2 %PrSm-Y-8 %Yb, 8FS-2 %PrSm-Y-12 %Yb, 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8FS-1 %PrSm-Y-8 %Yb.

Se midieron las películas superconductoras 8FS-2 %PrSm-Y-Yb, 8FS-2 %PrSm-Y-8 %Yb, 8FS-2 %PrSm-Y-12 %Yb, 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb, y 8FS-1 %PrSm-Y-8 %Yb mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n).

La intensidad es suficientemente fuerte, y se estima que todos los materiales forman una estructura de perovskita. Es decir, esto indica que se incorporan PrBCO, SmBCO e YbBCO en una estructura de perovskita de YBCO en este sistema.

La figura 12 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de Jc-B en el ejemplo 8. La figura 12 ilustra un resultado obtenido midiendo un valor de Jc de la película superconductora 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb en un intervalo de temperatura de 30 a 77 K en un campo magnético de 1 a 5 T. La figura 12 también ilustra un resultado de medición de YBCO que no contiene CARP. El resultado de YBCO se indica mediante una línea discontinua.

Tal como se indica por la figura 12, un resultado a 50 K/5 T o 60 K/5 T es un valor menor que el valor de Jc de YBCO. Este resultado significa que un pasador artificial no fue muy eficaz en esta región. Se considera que se obtuvo tal resultado únicamente porque estaba presente un volumen del 20 % correspondiente a una parte de CARP como obstáculo a la reducción del valor de Jc.

Mientras tanto, la figura 12 indica que una característica se aumentó en gran medida a 1 T. A pesar de la presencia del 20 % de CARP, se obtuvo un valor de Jc de una característica mayor que YBCO. Se considera que esto significa que CARP funcionó como pasador artificial. Se considera que el resultado de que una temperatura inferior y un

campo magnético inferior tuvieron un efecto superior se encuentra en contradicción con un resultado de un superconductor de óxido convencional. Sin embargo, teniendo en cuenta el resultado basándose en un principio, no puede decirse necesariamente que esto sea cierto.

5 El tamaño de CARP de la película superconductora 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb no es apropiado en la actualidad, y es ligeramente grande. Se considera que el CARP atrapa un flujo magnético cuántico. En este caso, en un campo magnético bajo en el que el número de flujos magnéticos cuánticos en CARP tiende a volverse pequeño, un flujo magnético cuántico se atrapa fácilmente. Se considera que este es el motivo por el cual un campo magnético inferior parece tener un mayor efecto tal como se indica por los datos a 30 K en la figura 12.

10 Mientras tanto, en cuanto a la temperatura, se estima que a medida que la temperatura de muestra es mayor, un término de alteración térmica es más eficaz, y un flujo magnético cuántico sube fácilmente sobre CARP que es un pasador artificial ideal. Se considera que este es el motivo por el que un efecto de CARP es mayor a medida que la temperatura cambia en el sentido de 50 K → 40 K → 30 K en comparación de los datos a 1 T.

15 El resultado obtenido esta vez no coincide completamente con un resultado notificado de manera convencional de un pasador artificial de BZO. Sin embargo, CARP que forma un pasador artificial con sustitución de átomo es el primer pasador artificial del mundo que muestra una gran fuerza de pasador en una superficie de límite con superconducción. Además, cuando se considera un modelo, el CARP realiza una acción que coincide con el modelo tal como se describió anteriormente. Al considerar que el pasador artificial de BZO es un pasador artificial que tiene un límite que no es claro, se considera que el resultado obtenido esta vez y la comprensión del mismo se encuentran más cerca de un pasador artificial ideal.

20 Con el fin de examinar si el efecto de mejora de una característica a 30 K/de 1 a 3 T lo provocó realmente CARP, se realizó una medición de la película superconductora 8FS-1 %PrSm-Y-8 %Yb.

25 La figura 13 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de J_c -B en el ejemplo 8. Se considera que CARP incluido en la película superconductora 8FS-1 %PrSm-Y-8 %Yb tiene el mismo tamaño que la película superconductora 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb y el número de CARP incluidos en la película superconductora 8FS-1 %PrSm-Y-8 %Yb es la mitad del número de CARP incluidos en la película superconductora 8FS-2 %PrSm-Y-16 %Yb. Es decir, este resultado indica que un efecto de reducción de una característica de YBCO solo es de la mitad en una región que tiene un pequeño efecto de CARP, y el efecto solo es de la mitad en una región en la que CARP muestra un efecto.

30 Cuando se compara la figura 13 con la figura 12, parece que la cantidad de reducción de una característica de J_c a 50 K/5 T o 60 K/5 T, que tiene un pequeño efecto de CARP, pasó a ser de aproximadamente la mitad. Evidentemente, este resultado incluye un error de medición y una fluctuación de grosor de película. Por tanto, la cantidad de reducción no pasa a ser estrictamente de la mitad. A de 30 a 50 K/1 T o de 30 K/2 a 3 T, en los que se considera que CARP mostró un efecto, parece que un efecto de mejora de una característica de J_c pasó a ser de la mitad.

35 A partir de las figuras 12 y 13, se considera que CARP mostró un efecto de mejora de una característica de campo magnético a una baja temperatura en un campo magnético bajo. Es decir, se considera que CARP mostró un efecto de mejora de una característica de campo magnético a de 30 a 50 K/1 T o de 30 K/2 a 3 T. Evidentemente, CARP debería haber mostrado un efecto pequeño en otras regiones, pero hay una posibilidad de que el efecto no se observara debido a encontrarse enterrado en errores experimentales.

40 CARP que incluía Yb no mostró un efecto significativo a una razón estequiométrica de PA : SA : CA = 1 : 1 : 2, es decir, en una condición en la que el número de celdas unitarias grandes y pequeñas era el mismo. Sin embargo, se encontró que se mostró un efecto al aumentar CA con respecto a la razón de composición.

(Ejemplo 9)

45 En primer lugar, se sintetizó una disolución de recubrimiento para un superconductor y se purificó según el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3. Se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,02 : 0,02 : 0,92 : 0,04 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 9Mi-2 %PrSm-Y-Tm (sustancia descrita en el ejemplo 9, material basado en Y con impurezas).

50 De manera similar, se disolvieron hidratos en polvo de $\text{Pr}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Sm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Y}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Tm}(\text{OCOCH}_3)_3$, $\text{Ba}(\text{OCOCH}_3)_2$, y $\text{Cu}(\text{OCOCH}_3)_2$ como acetatos de metal en agua sometida a intercambio iónico a una razón molar de iones de metal de 0,01 : 0,01 : 0,96 : 0,02 : 2 : 3, se mezclaron con CF_3COOH en una cantidad molar de reacción igual, y se agitaron. Se puso la disolución mixta resultante en un matraz con forma de berenjena, y se sometió a una

reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas. Se obtuvo una sustancia azul semitransparente 9Mi-1 %PrSm-Y-Tm.

5 Cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 9Mi-2 %PrSm-Y-Tm y 9Mi-1 %PrSm-Y-Tm contenía agua o ácido acético como subproducto de una reacción en el momento de la síntesis de una disolución en una cantidad de aproximadamente el 7 % en peso.

10 Se disolvieron completamente cada una de las sustancias azules semitransparentes obtenidas 9Mi-2 %PrSm-Y-Tm y 9Mi-1 %PrSm-Y-Tm en metanol que tenía un peso de aproximadamente 100 veces de cada una de las sustancias (f en la figura 3), y se sometieron de nuevo las disoluciones a una reacción y purificación en un evaporador rotatorio a presión reducida durante 12 horas para obtener sustancias azules semitransparentes 9M-2 %PrSm-Y-Tm (sustancia descrita en el ejemplo 9, material basado en Y sin impureza) y 9M-1 %PrSm-Y-Tm, respectivamente.

15 Se disolvieron cada una de las sustancias azules semitransparentes 9M-2 %PrSm-Y-Tm y 9M-1 %PrSm-Y-Tm en metanol (j en la figura 3), y se diluyeron usando un matraz aforado para obtener disoluciones de recubrimiento 1,50 mol/l de 9Cs-2 %PrSm-Y-Tm (ejemplo 9, disolución de recubrimiento para superconductor basado en Y) y 9Cs-1 %PrSm-Y-Tm, respectivamente.

20 Se formó una película usando las disoluciones de recubrimiento de 9Cs-2 %PrSm-Y-Tm y 9Cs-1 %PrSm-Y-Tm mediante un método de recubrimiento por centrifugación a un número de rotaciones máximo de 2000 rpm. Se realizó la calcinación en una atmósfera de oxígeno puro a 400 °C o menos según el perfil ilustrado en la figura 5. Se realizó la cocción en un gas de argón mezclado con oxígeno a 1000 ppm a 800 °C según el perfil ilustrado en la figura 6. Se realizó el recocido en oxígeno puro a 525 °C o menos. Se obtuvieron las películas superconductoras 9FS-2 %PrSm-Y-Tm (ejemplo 9, película de superconductor basado en Y) y 9FS-1 %PrSm-Y-Tm.

25 Se midieron las películas superconductoras 9FS-2 %PrSm-Y-Tm y 9FS-1 %PrSm-Y-Tm mediante un método de $2\theta/\omega$ en medición de XRD, y se confirmó que se obtuvo un pico aproximadamente en la misma posición que un pico de YBCO (00n).

30 La intensidad es suficientemente fuerte, y se estima que todos los materiales forman una estructura de perovskita. Es decir, esto indica que se incorporan PrBCO, SmBCO y TmBCO en una estructura de perovskita de YBCO en este sistema.

35 La figura 14 es un diagrama que ilustra un resultado de medición de J_c -B en el ejemplo 9. La figura 14 ilustra un resultado obtenido realizando una medición de J_c de las películas superconductoras 9FS-2 %PrSm-Y-Tm y 9FS-1 %PrSm-Y-Tm a 30 K a de 1 a 5 T. Los datos superiores en la figura 14 indican la presente muestra. La figura 14 también ilustra un resultado de medición de YBCO que no contiene CARP, indicado mediante una línea discontinua.

40 El contenido de CARP en la película superconductora 9FS-2 %PrSm-Y-Tm es del 8 %. Se estima que una característica se reduce mediante este contenido a aproximadamente 30 K/5 T. Sin embargo, tal como se indica mediante el resultado en la figura 14, se obtuvo un valor de J_c muy superior al de YBCO. Los datos detallados de falta de correspondencia reticular de Yb y Tm con respecto a Y durante la cocción a 800 °C no quedan claros, pero se considera que las cantidades de falta de correspondencia son de aproximadamente el 3 % y aproximadamente el 2 %, respectivamente. Según esta diferencia de falta de correspondencia reticular, Tm puede tener una frecuencia de nucleación de 10 a 20 veces mayor que Yb, o puede tener una velocidad de nucleación de 10 a 20 veces mayor que Yb.

50 El modelo de formación de CARP indica que el número de CARP en una unidad de volumen pasa a ser de 10 a 20 veces mediante una velocidad de nucleación de 10 a 20 veces mayor. El tamaño de CARP es proporcional a la inversa de la raíz cúbica del mismo. Por tanto, se considera que el radio de CARP es de desde 0,46 hasta 0,37 veces. Se usó Tm en una condición en la que se observó ligeramente un efecto en CARP con exceso de Yb, y el tamaño de CARP pasó rápidamente a ser menor. Por tanto, se considera que un flujo magnético cuántico se atrapó fácilmente mediante CARP para mostrar un efecto.

55 Con el fin de confirmar el efecto, la figura 14 también ilustra un resultado de medición de la película superconductora 9FS-1 %PrSm-Y-Tm que contiene CARP en la mitad de la cantidad en un campo magnético. Los datos en el centro de la figura 14 indican esto. En esta película superconductora, CARP tiene el mismo tamaño y la mitad del número en teoría. Se obtuvo un resultado de casi la mitad. En sentido estricto, se considera que el resultado está en el centro de una cantidad de reducción de CARP como obstáculo y 9FS-2 %PrSm-Y-Tm. Sin embargo, se considera que la diferencia no se observó debido a encontrarse enterrada en errores experimentales.

60 Tal como se indica mediante este resultado, se entiende teóricamente que CARP muestra un efecto al usar Tm o un elemento más próximo a MA que Tm para CA. Esto se debe a que el tamaño de CARP puede explicarse mediante el modelo de formación de CARP. El tamaño de CARP está determinado por una frecuencia de nucleación y la cantidad de sustancias presentes en el mismo. Por tanto, se muestra un efecto mediante una combinación de MA y CA que tiene una gran frecuencia de nucleación.

65

5 A partir de experimentos hasta ahora, una sustancia simple que puede usarse para MA es únicamente Y o Gd. Sin embargo, se sabe que se obtiene una disolución mediante mezclado. Como CA con respecto a tal MA, Er o Tm resultan buenos, y también se considera que el tamaño se ajusta añadiendo parcialmente Yb. Evidentemente, también es posible realizar un ajuste mezclando parcialmente un elemento que tiene un número atómico menor que Er. Mediante una combinación de elementos en el intervalo anterior, se ha observado una mejora de característica a 30 K, lo que se considera que es particularmente importante en el uso práctico.

10 Tal como se describió anteriormente, se ha encontrado una combinación en la que se forma de manera particularmente sencilla un pasador artificial para mejorar una característica a 30 K aplicando el modelo de formación de CARP. Esto es principalmente un superconductor que usa Er o Tm para CA y que usa Y o similar para MA. Además, se considera que una combinación que coincide con este modelo mostrará un efecto. Parece que la combinación anterior es particularmente buena para mostrar un efecto a 30 K.

15 En las disposiciones, se ha mostrado a modo de ejemplo el alambre superconductor. Sin embargo, los superconductores de óxido de las presentes disposiciones también pueden aplicarse a otras aplicaciones tales como una película delgada sobre un sustrato de cristal individual, que requiere una alta característica de campo magnético.

20 Aunque se han descrito determinadas disposiciones, estas disposiciones se han presentado únicamente a modo de ejemplo, y no se pretende que limiten el alcance de las reivindicaciones. De hecho, el superconductor de óxido y el método para fabricar el mismo descritos en el presente documento pueden realizarse de una variedad de otras formas; además, pueden realizarse diversas omisiones, sustituciones y cambios en la forma de los dispositivos y métodos descritos en el presente documento.

25

REIVINDICACIONES

1. Superconductor (100) de óxido que comprende una capa de superconductor de óxido (30) que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento, al menos un segundo elemento, al menos un tercer elemento y al menos un cuarto elemento, siendo el primer elemento praseodimio (Pr), seleccionándose el al menos un segundo elemento del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), seleccionándose el al menos un tercer elemento del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y seleccionándose el al menos un cuarto elemento del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), y
- cuando el número de átomos del primer elemento es $N(\text{PA})$, el número de átomos del al menos un segundo elemento es $N(\text{SA})$ y el número de átomos del al menos un cuarto elemento es $N(\text{CA})$, se satisface $1,5 \times (N(\text{PA}) + N(\text{SA})) \leq N(\text{CA})$ o $2 \times (N(\text{CA}) - N(\text{PA})) \leq N(\text{SA})$.
2. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 1, en el que se satisface $1,5 \times (N(\text{PA}) + N(\text{SA})) \leq N(\text{CA})$, el al menos un segundo elemento se selecciona del grupo que consiste en neodimio (Nd) y samario (Sm), el al menos un tercer elemento se selecciona del grupo que consiste en itrio (Y), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y el al menos un cuarto elemento se selecciona del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm) e iterbio (Yb).
3. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 1 o 2, en el que se satisface $1,5 \times (N(\text{PA}) + N(\text{SA})) \leq N(\text{CA})$, el al menos un segundo elemento es samario (Sm), el al menos un tercer elemento se selecciona del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y el al menos un cuarto elemento se selecciona del grupo que consiste en erbio (Er) y tulio (Tm).
4. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la capa de superconductor de óxido (30) incluye flúor (F) a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono (C) a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.
5. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es $N(\text{RE})$, y el número de átomos del al menos un tercer elemento es $N(\text{MA})$, se satisface $N(\text{MA})/N(\text{RE}) \geq 0,6$.
6. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es $N(\text{RE})$, y el número de átomos del primer elemento es $N(\text{PA})$, se satisface $0,00000001 \leq N(\text{PA})/N(\text{RE})$.
7. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que cuando el número de átomos del primer elemento es $N(\text{PA})$, el número de átomos del al menos un segundo elemento es $N(\text{SA})$, y el número de átomos del al menos un cuarto elemento es $N(\text{CA})$, se satisface $4 \times (N(\text{PA}) + N(\text{SA})) \leq N(\text{CA})$.
8. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende además un sustrato (10) y una capa de metal (40), en el que la capa de superconductor de óxido (30) está dispuesta entre el sustrato y la capa de metal.
9. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la estructura de perovskita continua tiene un tamaño de $500 \text{ nm} \times 100 \text{ nm}$ o más en una sección transversal de la capa de superconductor de óxido (30) en una dirección de grosor de capa de la misma.
10. Superconductor de óxido (100) que comprende una capa de superconductor de óxido (30) que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento, al menos un segundo elemento, al menos un tercer elemento y al menos un cuarto elemento, siendo el primer elemento praseodimio (Pr), seleccionándose el al menos un segundo elemento del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), seleccionándose el al menos un tercer elemento del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y seleccionándose el al menos un cuarto elemento del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), e
- incluyendo al menos uno del al menos un segundo elemento y el al menos un cuarto elemento dos o más elementos.
11. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 10, en el que el al menos un segundo elemento se selecciona del grupo que consiste en neodimio (Nd) y samario (Sm), el al menos un tercer elemento se selecciona del grupo que consiste en itrio (Y), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y el al menos un cuarto

elemento incluye dos o más elementos seleccionados del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm) e iterbio (Yb).

- 5 12. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 10 u 11, en el que el al menos un segundo elemento es samario (Sm), el al menos un tercer elemento se selecciona del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y el al menos un cuarto elemento es erbio (Er) y tulio (Tm).
- 10 13. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que la capa de superconductor de óxido (30) incluye flúor (F) a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono (C) a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.
- 15 14. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es N(RE), y el número de átomos del al menos un tercer elemento es N(MA), se satisface $N(MA)/N(RE) \geq 0,6$.
- 20 15. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es N(RE), y el número de átomos del primer elemento es N(PA), se satisface $0,00000001 \leq N(PA)/N(RE)$.
- 25 16. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 10-15, que comprende además un sustrato (10) y una capa de metal (40), en el que la capa de superconductor de óxido (30) está dispuesta entre el sustrato y la capa de metal.
- 30 17. Superconductor de óxido (100) que comprende una capa de superconductor de óxido (30) que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento, al menos un segundo elemento y al menos un tercer elemento, siendo el primer elemento praseodimio (Pr), seleccionándose el al menos un segundo elemento del grupo que consiste en gadolinio (Gd), itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y seleccionándose el al menos un tercer elemento del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), y
- cuando el número de átomos del primer elemento es N(PA), y el número de átomos del al menos un tercer elemento es N(CA), se satisface $1,5 \times N(PA) \leq N(CA)$.
- 35 18. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 17, en el que la capa de superconductor de óxido incluye flúor (F) a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono (C) a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.
- 40 19. Superconductor de óxido (100) que comprende una capa de superconductor de óxido (30) que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento, al menos un segundo elemento y al menos dos terceros elementos, siendo el primer elemento praseodimio (Pr), seleccionándose el al menos un segundo elemento del grupo que consiste en gadolinio (Gd), itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), y seleccionándose los al menos dos terceros elementos del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu).
- 45 20. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 19, en el que la capa de superconductor de óxido (30) incluye flúor (F) a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono (C) a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.
- 50 21. Superconductor de óxido (100) que comprende una capa de superconductor de óxido (30) que tiene una estructura de perovskita continua que incluye elementos de las tierras raras, bario (Ba) y cobre (Cu), incluyendo los elementos de las tierras raras un primer elemento que es praseodimio (Pr), un segundo elemento que es samario (Sm), al menos un tercer elemento que se selecciona del grupo que consiste en itrio (Y) y holmio (Ho), y un cuarto elemento que es tulio (Tm).
- 55 22. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 21, en el que la capa de superconductor de óxido (30) incluye flúor (F) a de $2,0 \times 10^{15}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{19}$ átomos/cc o menos y carbono (C) a de $1,0 \times 10^{17}$ átomos/cc o más y $5,0 \times 10^{20}$ átomos/cc o menos.
- 60 23. Superconductor de óxido (100) según la reivindicación 21 o 22, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es N(RE), y el número de átomos del al menos un tercer elemento es N(MA), se satisface $N(MA)/N(RE) \geq 0,6$.
- 65 24. Superconductor de óxido (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-23, en el que cuando el número de átomos de los elementos de las tierras raras es N(RE), y el número de átomos del primer elemento es

N(PA), se satisface $0,00000001 \leq N(\text{PA})/N(\text{RE})$.

25. Método para fabricar un superconductor de óxido (100), que comprende:

5 preparar una disolución acuosa que incluye un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), un acetato de al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu), y que satisface $1,5 \times (M(\text{PA}) + M(\text{SA})) \leq M(\text{CA})$ o $2 \times (M(\text{CA}) - M(\text{PA})) \leq M(\text{SA})$ cuando el número de moles del primer elemento es M(PA), el número de moles del al menos un segundo elemento es M(SA) y el número de moles del al menos un cuarto elemento es M(CA);

15 mezclar la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico para preparar una disolución mixta;

someter la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel;

añadir un alcohol que incluye metanol al primer gel y disolver el primer gel en el mismo para preparar una disolución en alcohol;

20 someter la disolución en alcohol a una reacción y purificación para preparar un segundo gel;

añadir un alcohol que incluye metanol al segundo gel y disolver el segundo gel en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos;

aplicar la disolución de recubrimiento sobre un sustrato (10) para formar una película de gel;

30 someter la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada; y

someter la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar una capa de superconductor de óxido (30).

26. Método según la reivindicación 25, en el que el contenido en porcentaje del ácido trifluoroacético en el ácido perfluorocarboxílico es del 98 % en moles o más.

27. Método para fabricar un superconductor de óxido (100), que comprende:

40 preparar una disolución acuosa que incluye un acetato de un primer elemento que es praseodimio (Pr), un acetato de al menos un segundo elemento seleccionado del grupo que consiste en neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu) y gadolinio (Gd), un acetato de al menos un tercer elemento seleccionado del grupo que consiste en itrio (Y), terbio (Tb), disprosio (Dy) y holmio (Ho), un acetato de al menos un cuarto elemento seleccionado del grupo que consiste en erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu), un acetato de bario (Ba) y un acetato de cobre (Cu), e incluyendo al menos uno del al menos un segundo elemento y el al menos un cuarto elemento dos o más elementos;

mezclar la disolución acuosa con un ácido perfluorocarboxílico para preparar una disolución mixta;

50 someter la disolución mixta a una reacción y purificación para preparar un primer gel;

añadir un alcohol que incluye metanol al primer gel y disolver el primer gel en el mismo para preparar una disolución en alcohol;

55 someter la disolución en alcohol a una reacción y purificación para preparar un segundo gel;

añadir un alcohol que incluye metanol al segundo gel y disolver el segundo gel en el mismo para preparar una disolución de recubrimiento en la que el peso total de agua residual y ácido acético residual es del 2 % en peso o menos;

60 aplicar la disolución de recubrimiento sobre un sustrato (10) para formar una película de gel;

someter la película de gel a calcinación a 400 °C o menos para formar una película calcinada; y

65 someter la película calcinada a cocción en una atmósfera humidificada a 725 °C o más y 850 °C o menos y recocido con oxígeno para formar una capa de superconductor de óxido (30).

28. Método según la reivindicación 27, en el que el contenido en porcentaje del ácido trifluoroacético en el ácido perfluorocarboxílico es del 98 % en moles o más.

FIG.1A

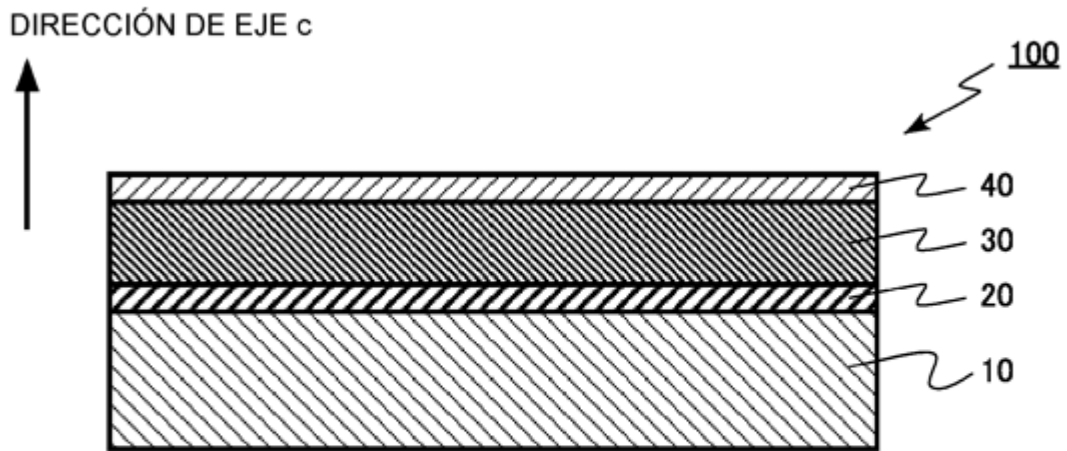
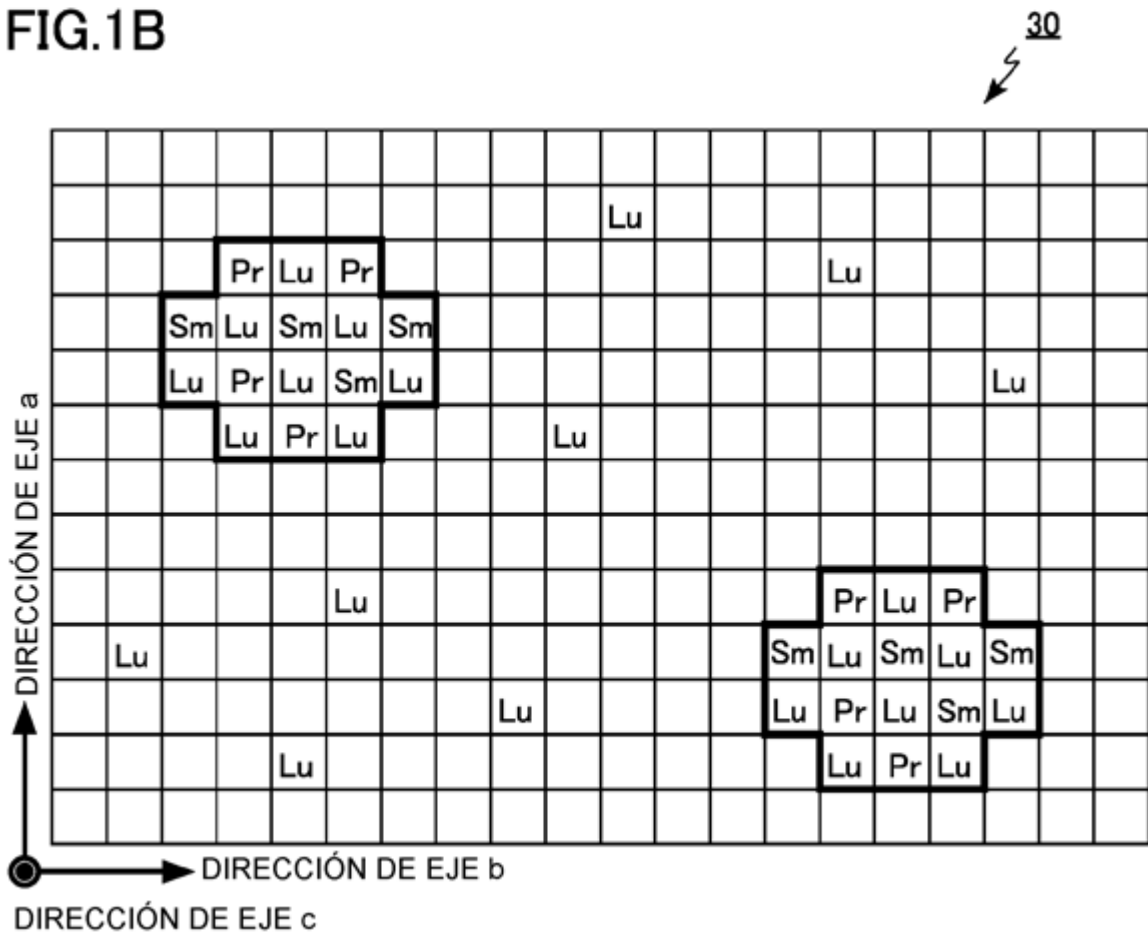


FIG.1B



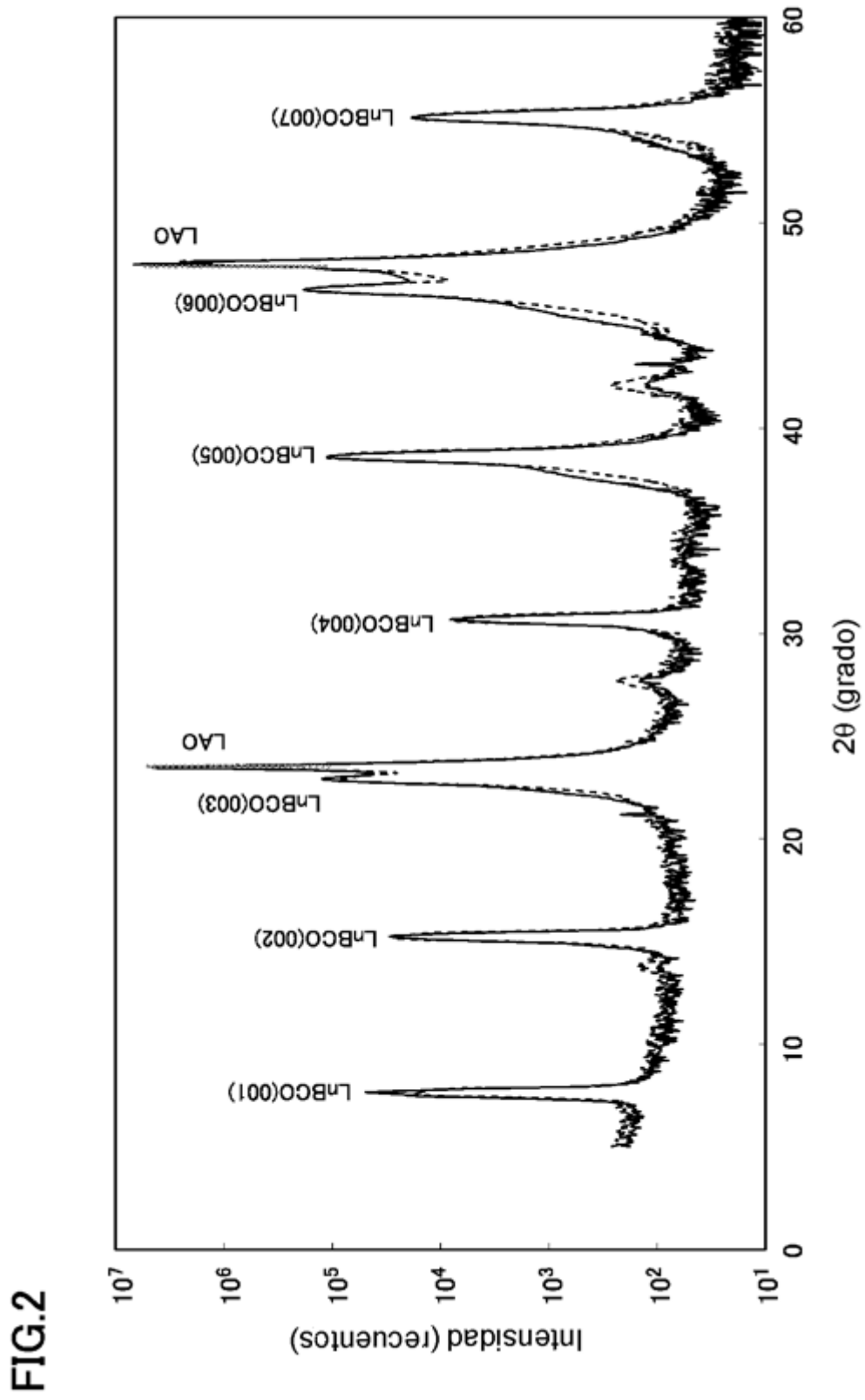


FIG.2

FIG.3

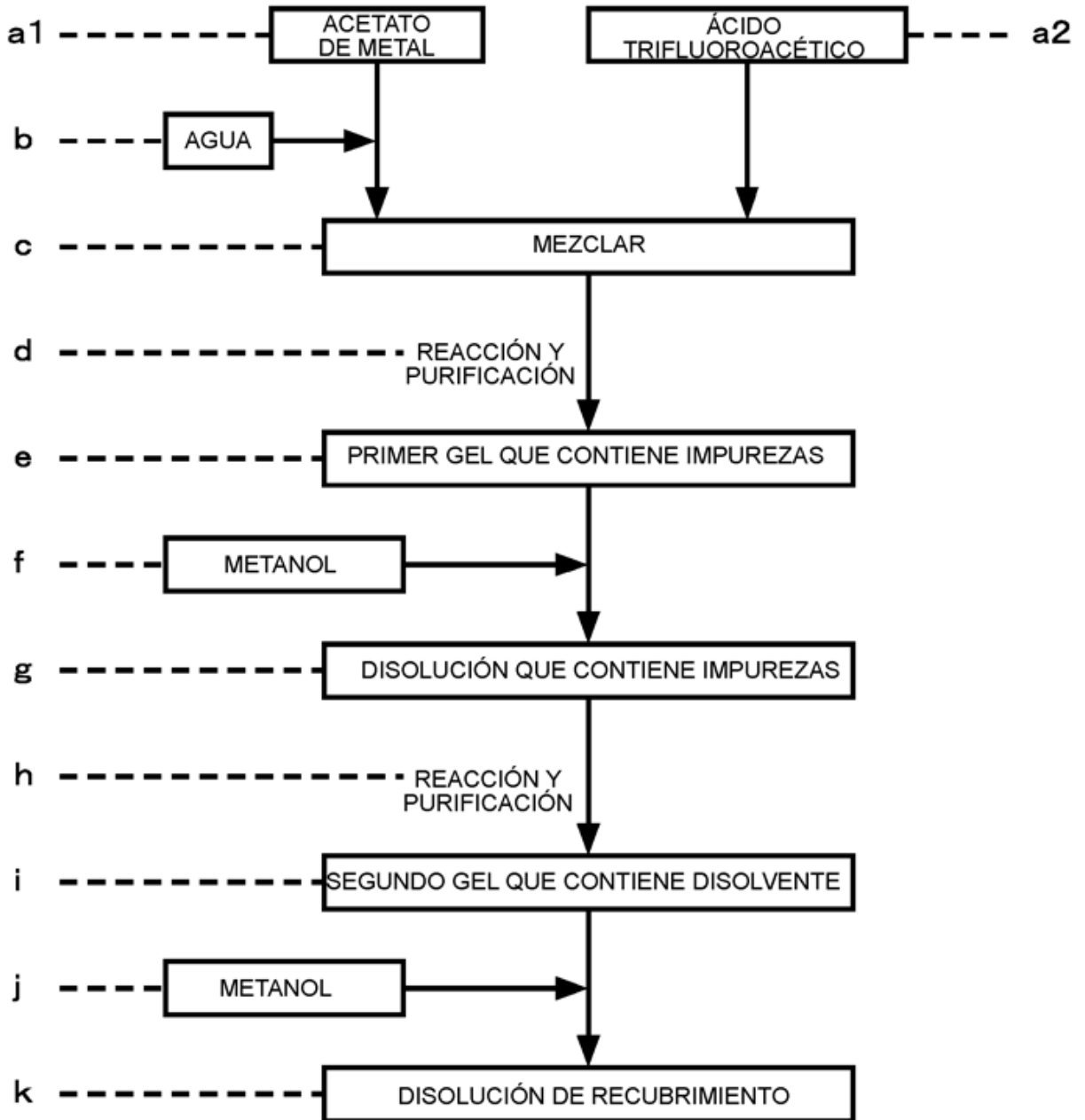


FIG.4

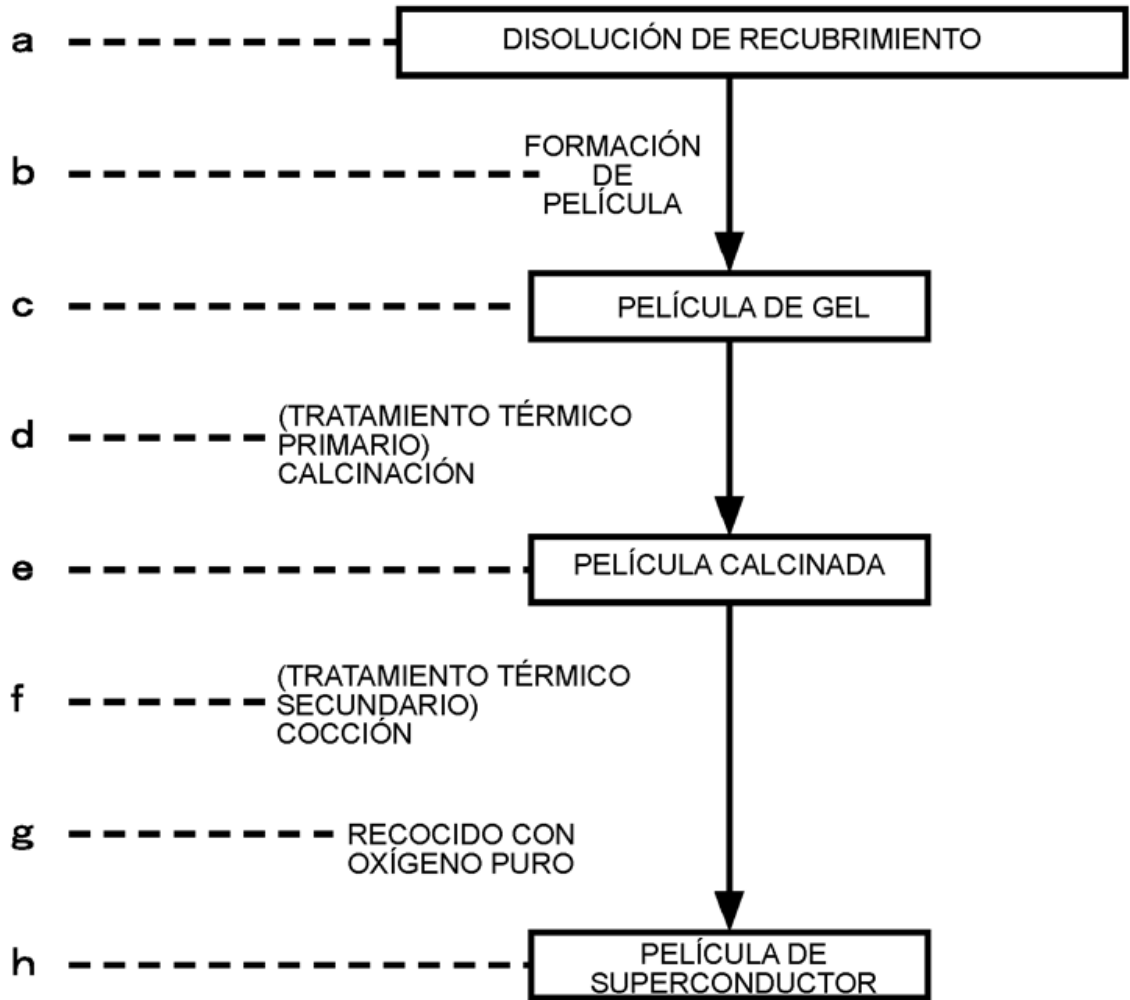


FIG.5

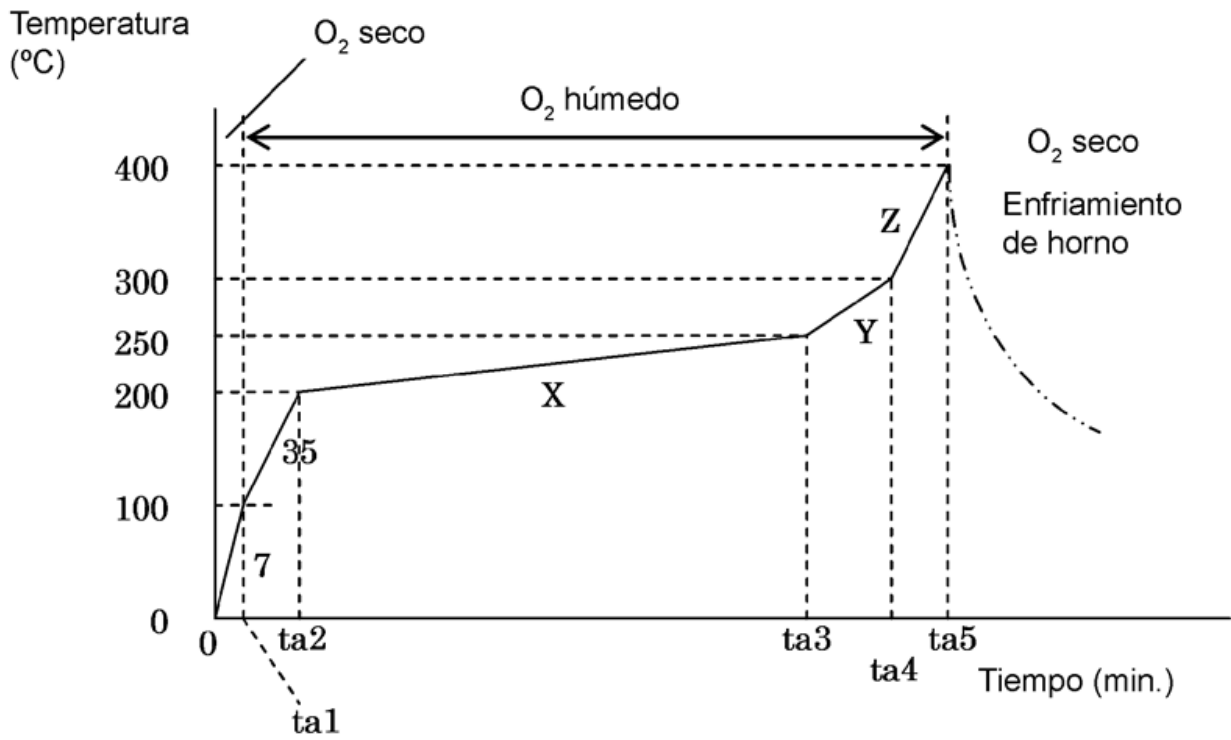


FIG.6

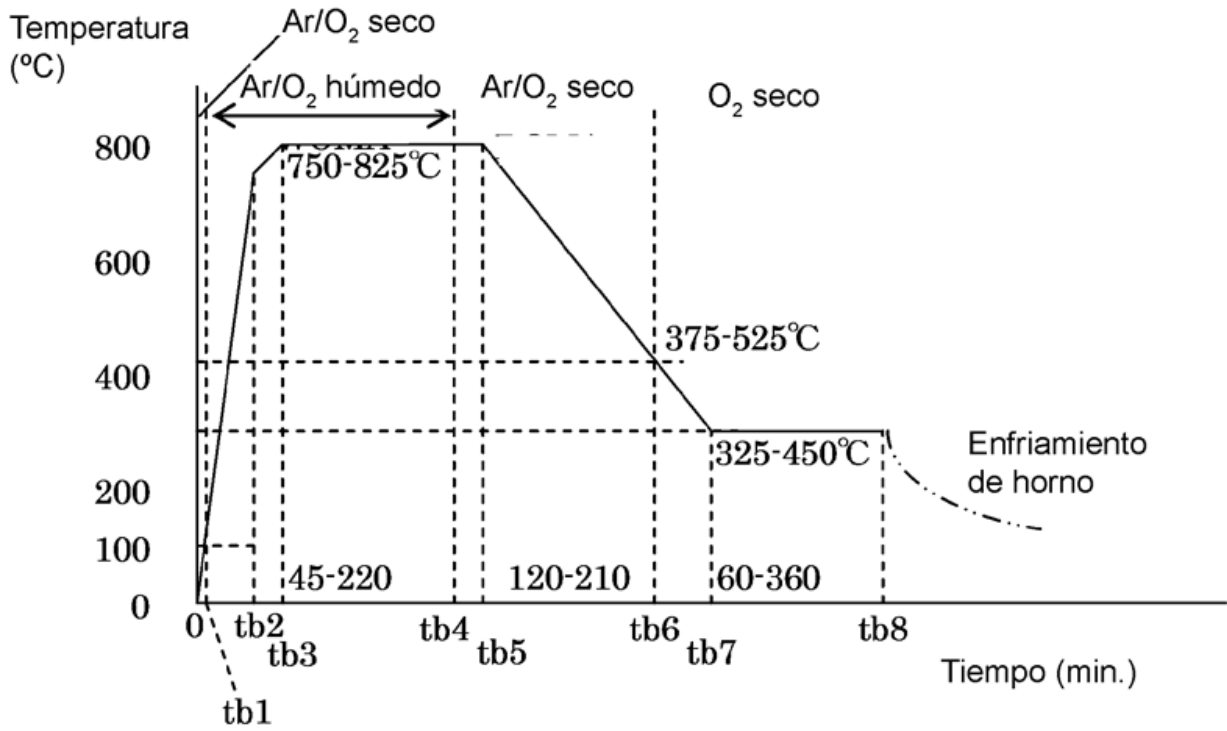


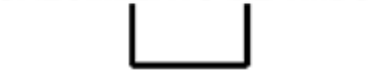
FIG.7



FIG.8A

FRECUENCIA DE NUCLEACIÓN RELATIVAMENTE GRANDE (POR EJEMPLO, 1/10.000)

EXTREMO INFERIOR DE CRECIMIENTO DE TmBCO



EXTREMO SUPERIOR DE YBCO

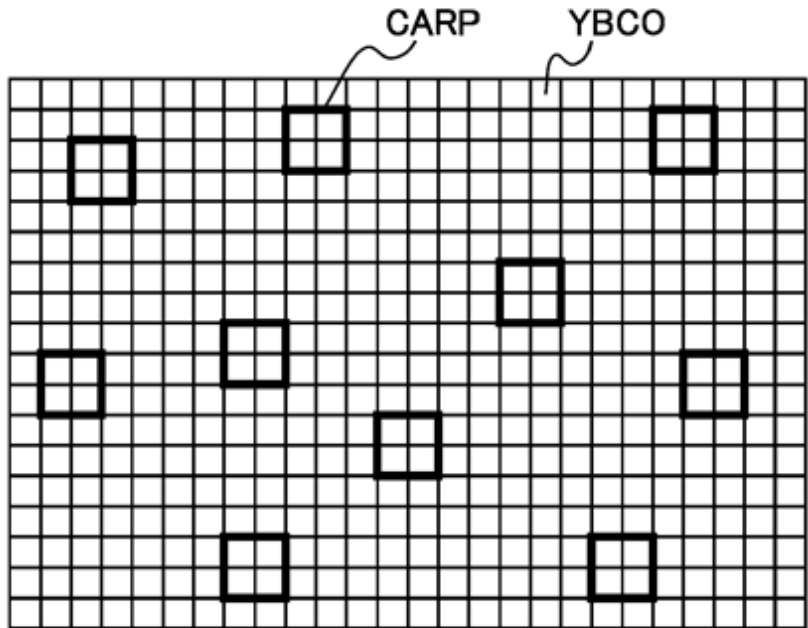


FIG.8B

FRECUENCIA DE NUCLEACIÓN RELATIVAMENTE PEQUEÑA (POR EJEMPLO, 1/100.000)

EXTREMO INFERIOR DE CRECIMIENTO DE YbBCO



EXTREMO SUPERIOR DE YBCO

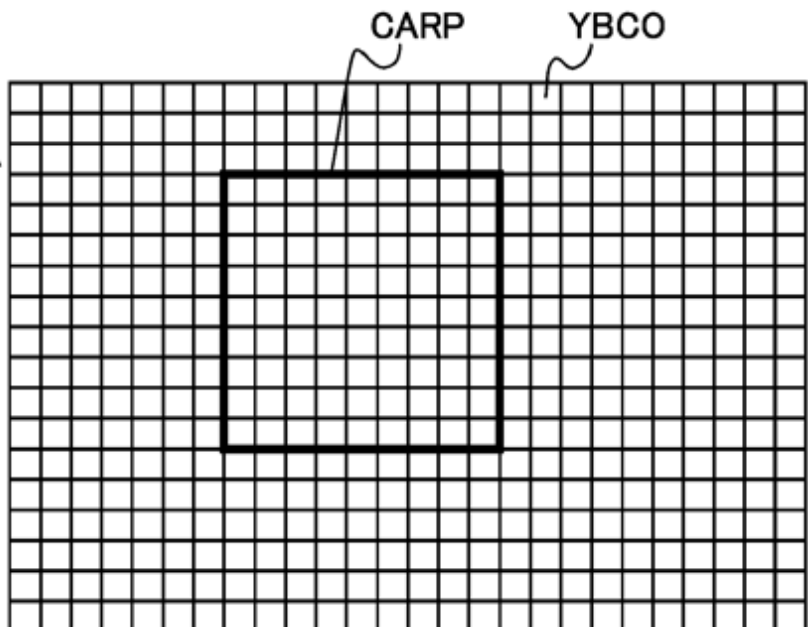


FIG.9

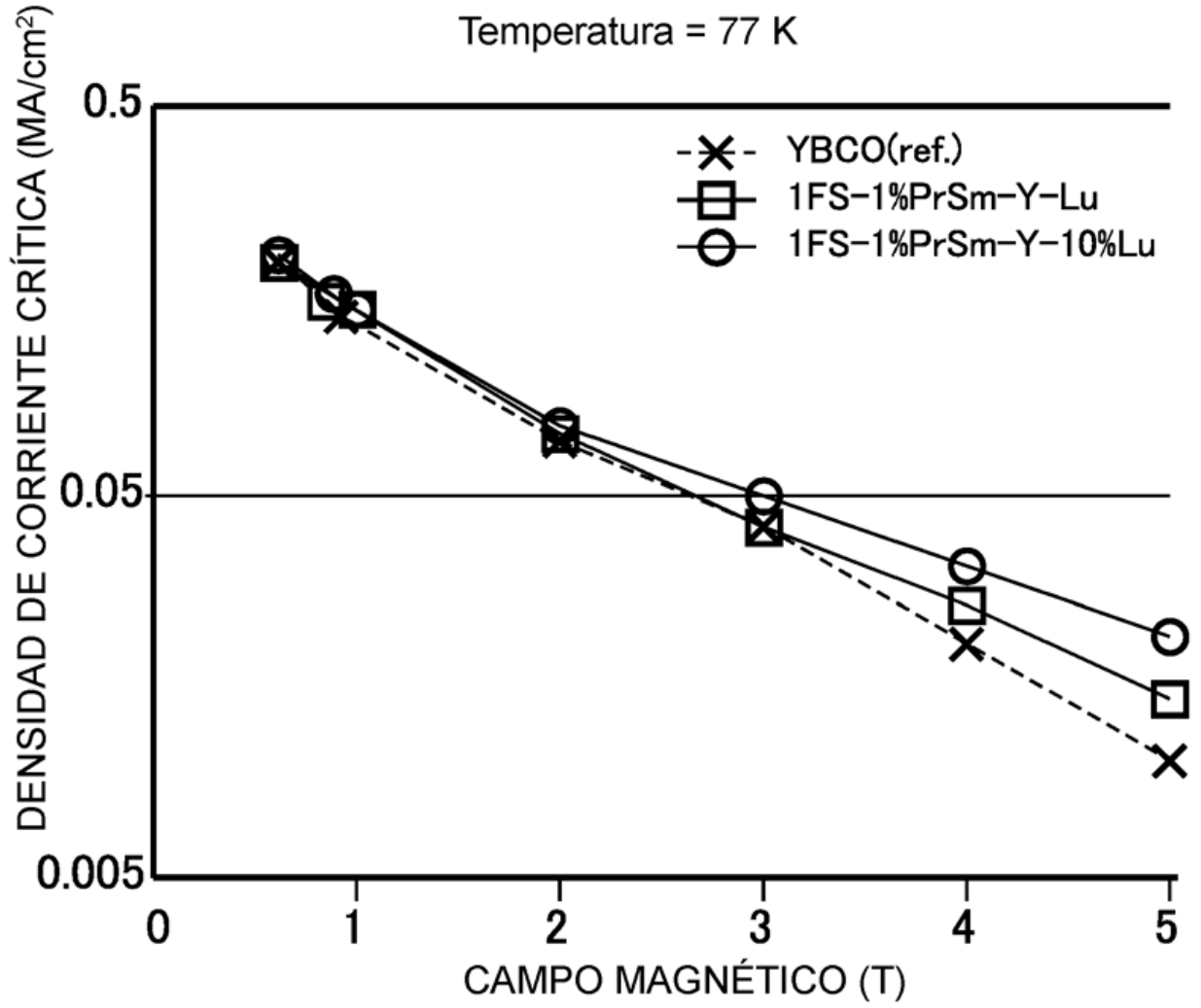


FIG.10

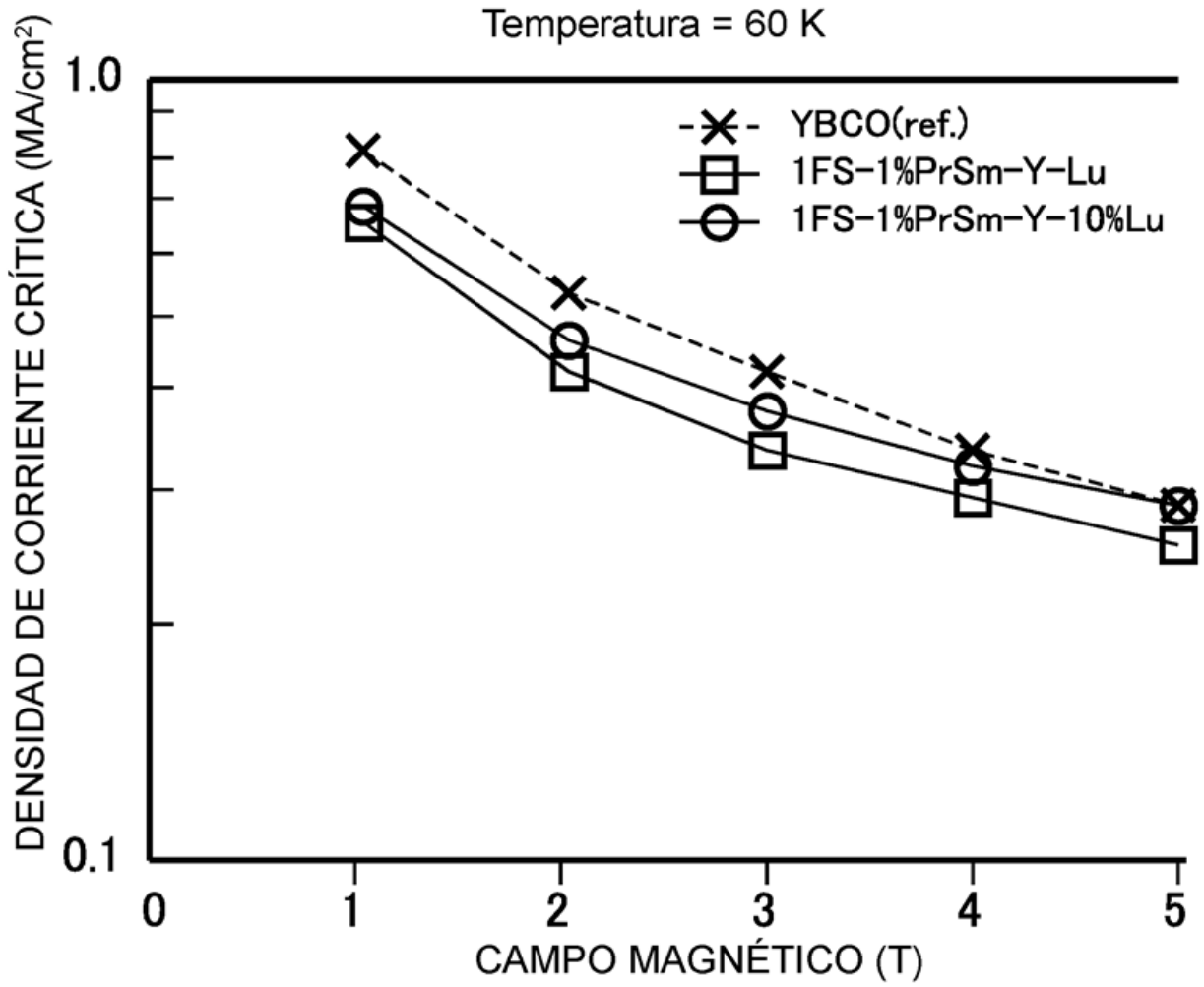


FIG.11

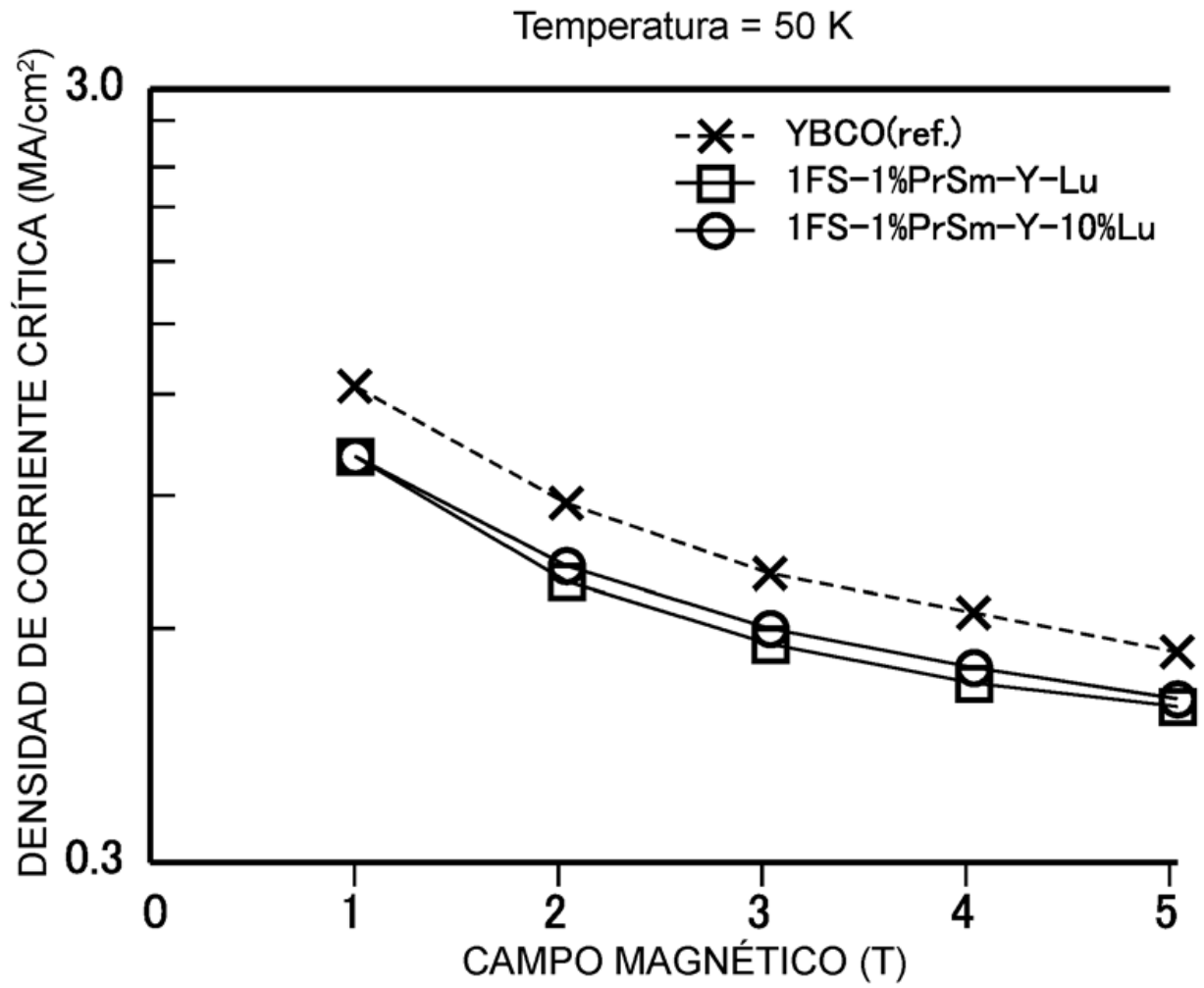


FIG.12

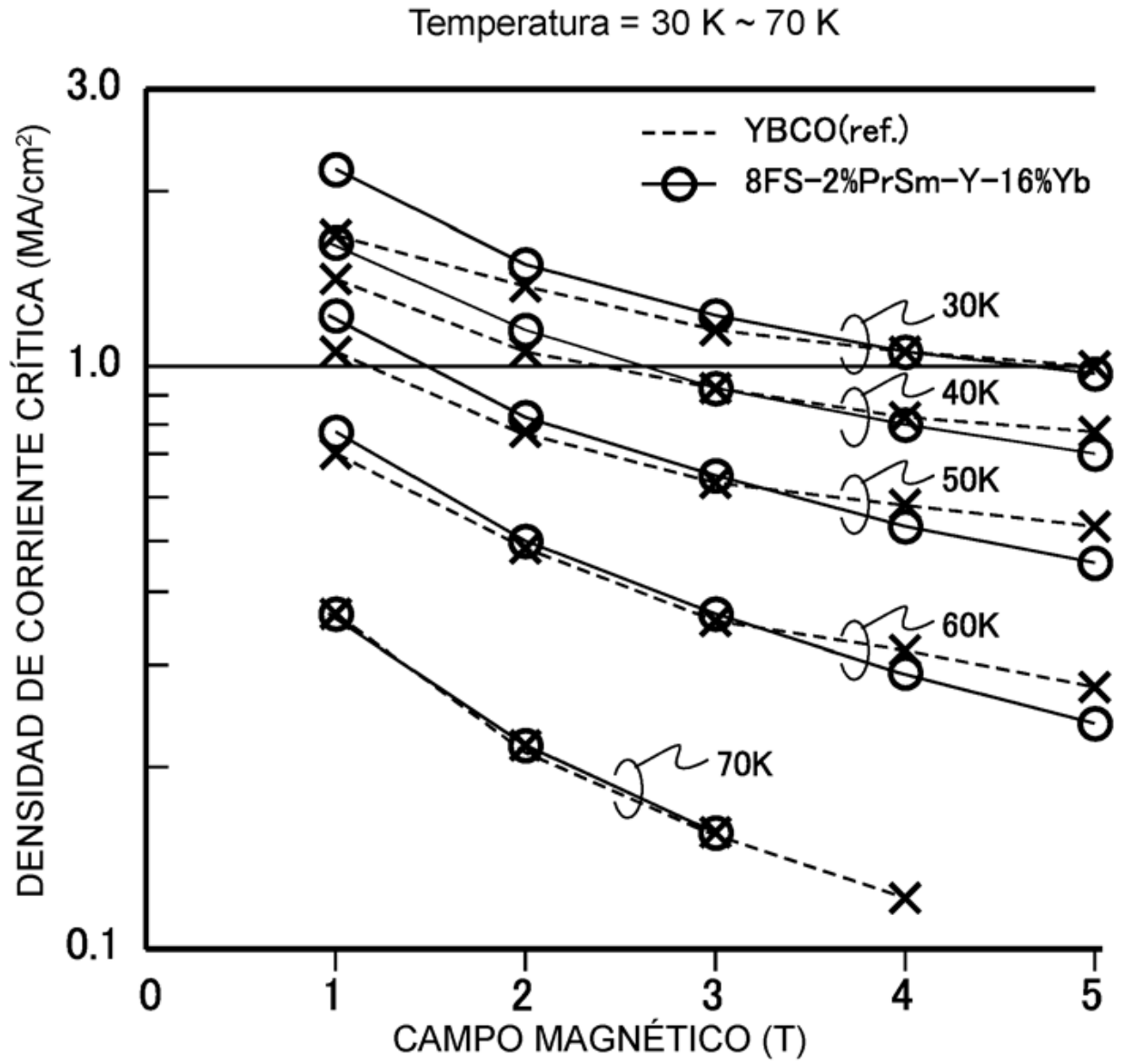


FIG.13

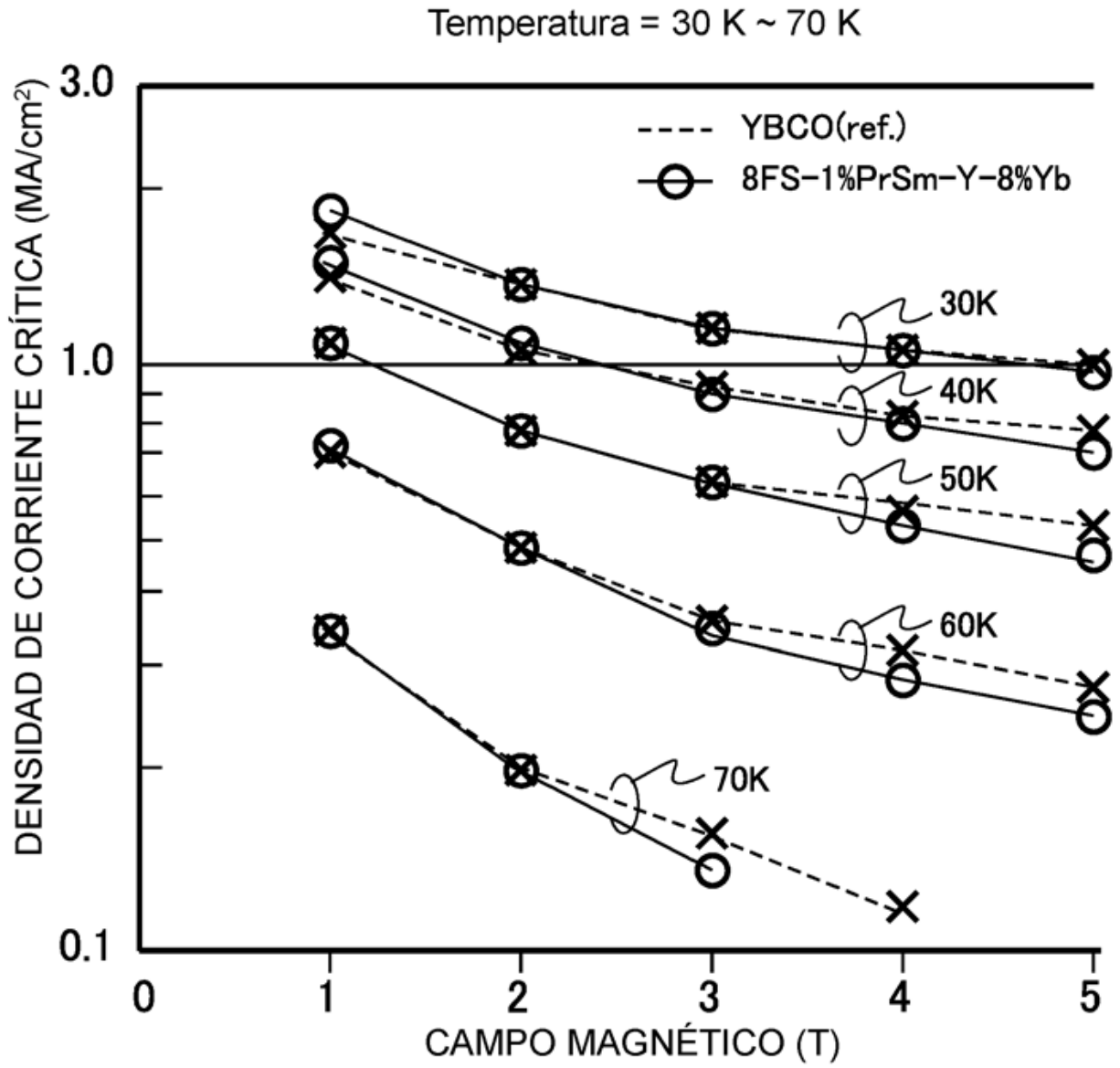


FIG.14

