

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 838 010**

51 Int. Cl.:

<b>H01B 12/06</b>	(2006.01)
<b>H01L 39/14</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/08</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/10</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/08</b>	(2006.01)
<b>C23C 14/14</b>	(2006.01)
<b>C23C 28/00</b>	(2006.01)
<b>H01L 39/24</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2014 PCT/KR2014/008044**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15037846**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014 E 14843263 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2020 EP 3046116**

54 Título: **Superconductor y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

**11.09.2013 KR 20130109146**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.07.2021**

73 Titular/es:

**SUNAM CO., LTD. (100.0%)  
52 Seungnyang-gil, Wongok-myeon  
Anseong-si, Gyeonggi-do 456-812, KR**

72 Inventor/es:

**CHOI, KYU HAN;  
MOON, SEUNG HYUN;  
HWANG, SOON CHUL;  
LEE, HUN JU;  
JANG, CHEOL YEONG y  
KWON, WOONG**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 838 010 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 y método de fabricación del mismo

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un superconductor, y a un método de fabricación del mismo, y más particularmente, a un superconductor, que incluye una capa protectora que tiene una excelente fuerza adhesiva y planeidad, y un método de fabricación del superconductor, siendo el método capaz de formar la película protectora mediante un método sencillo.

**Antecedentes de la técnica**

Un superconductor de óxido basado en RE-123 (REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>-X, RE es un elemento de tierras raras que incluye Y) tiene superconductividad a la temperatura del nitrógeno líquido. El superconductor de óxido basado en RE-123 tiene una pérdida de corriente baja y, por lo tanto, se forma en un cable superconductor y se fabrica como un conductor superconductor o una bobina superconductora para suministrar energía eléctrica. Los métodos para fabricar este superconductor de óxido en un cable incluyen un método en el que se forma una capa superconductora de óxido sobre un material base de una cinta metálica a través de una capa de óxido intermedia y se forma una capa estabilizadora sobre la capa superconductora de óxido.

Según el tipo, el superconductor de óxido basado en RE-123 puede degradarse por la humedad, y cuando el cable superconductor se almacena en un ambiente con mucha humedad o se deja en un estado en el que la humedad se adhiere al cable superconductor, la humedad se infiltra en la capa superconductora de óxido para provocar la degradación de las propiedades superconductoras. Por lo tanto, para que el cable superconductor logre una fiabilidad a largo plazo, es necesario emplear una estructura que proteja la forma original de la capa superconductora.

Como estructura típica para proteger la totalidad de una capa superconductora, la publicación de patente japonesa abierta a inspección pública N.º 2009-503794 divulga una estructura en la que una inserción superconductora que tiene una estructura laminada está cubierta con dos capas de un relleno conductor no poroso. Este cable superconductor de alta temperatura se forma envolviendo el superconductor cuatro veces con una tira estabilizadora hecha de metal y llenando una porción interior de la tira estabilizadora con el relleno conductor no poroso.

Además, la patente coreana N.º 0682582 divulga una estructura en la que unas cintas metálicas que tienen una anchura mayor que una cinta superconductora se colocan sobre una superficie superior y una superficie inferior de la cinta superconductora, y un lado de la cinta superconductora se rellena con filete de soldadura poroso para unir entre sí las cintas metálicas ubicadas en la superficie superior y la superficie inferior. Se conocen superconductores adicionales a partir de los documentos JP 2012-2216504 A, JP 2013-134856 A, WO 2013/077387 A1, WO 2013/129568 A1 y GB 2 380 964 A. Muestran diversas combinaciones de capas adhesivas y protectoras, pero ninguna muestra una segunda capa estabilizadora sobre solo una superficie superior, solo una superficie inferior, o solo una superficie superior e inferior de una capa de bajo punto de fusión como se define adicionalmente en las reivindicaciones independientes.

**Divulgación de la invención**

**45 Problema técnico**

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un superconductor en el que la fuerza adhesiva de una capa protectora es excelente, incluso con respecto a una superficie microscópicamente desigual, la planeidad de la capa protectora es magnífica, de modo que un proceso de formación de otra película de material por encima de la capa protectora se realiza fácilmente, y la fuerza adhesiva de la otra película de material con respecto a la capa protectora también es excelente.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de un superconductor, siendo el método capaz de formar una capa protectora mediante un método sencillo.

**Solución técnica**

Un superconductor y un método de fabricación como se definen en las reivindicaciones 1 y 13, respectivamente, tienen las características deseadas que resuelven el problema indicado anteriormente.

En las reivindicaciones dependientes se definen modificaciones ventajosas adicionales.

**Efectos ventajosos**

En un superconductor de la presente invención, la adhesividad de una capa protectora con respecto a una superficie

microscópicamente desigual es excelente y la planeidad de una superficie de la capa protectora es extremadamente excelente, de modo que un proceso para formar otra película de material en una superficie superior de la capa protectora se realiza fácilmente y la adhesividad de la otra película de material con respecto a la capa protectora también es magnífica.

5 Además, en un método para fabricar el superconductor de la presente invención, la capa protectora puede formarse mediante un método sencillo. Normalmente, se puede utilizar un proceso de recubrimiento de cobre en la formación de una capa protectora típica, y la velocidad de producción de la misma es de varios metros por minuto. Por el contrario, usando el método de fabricación de la presente invención, se puede formar una película gruesa uniforme a una  
10 velocidad, con respecto al mismo espesor, de decenas de metros por minuto, que es mayor en un factor de al menos diez.

### Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un superconductor de acuerdo con una realización de la presente invención; y la figura 2 es una vista en sección transversal del superconductor ilustrado en la figura 1.

### Mejor modo de llevar a cabo la invención

20 En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describe en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Los números de referencia similares se refieren a elementos parecidos en todo el documento.

25 En la memoria descriptiva, cuando se hace referencia a una película de material por encima de otra película o sustrato de material, la película de material puede formarse directamente por encima de la otra película o sustrato de material, o también puede estar presente otra película de material intermedia.

30 Un superconductor de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención, tal como se define en las reivindicaciones independientes, incluye un sustrato que tiene la forma de una cinta y tiene superficies definidas longitudinalmente como una superficie superior, una superficie inferior, y ambas superficies laterales, una capa superconductora dispuesta en la superficie superior del sustrato, una primera capa estabilizadora hecha de un metal y dispuesta sobre una superficie superior de la capa superconductora, y una capa protectora hecha de un metal y dispuesta sobre una superficie superior de la primera capa estabilizadora, en el que una primera capa de aleación hecha de una aleación del primer metal de la primera capa estabilizadora y el segundo metal de la capa protectora se  
35 incluye además entre la primera capa estabilizadora y la capa protectora.

40 La figura 1 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un superconductor, y la figura 2 es una vista en sección transversal del superconductor de la figura 1. En lo sucesivo en el presente documento, el superconductor se describe con referencia a las figuras 1 y 2.

45 El superconductor 1 incluye un sustrato 10 que tiene una forma de cinta que se extiende en una primera dirección y que tiene superficies definidas como una superficie superior, una superficie inferior, y ambas superficies laterales, una capa superconductora 30 dispuesta en la superficie superior del sustrato 10, una primera capa estabilizadora 40 hecha de un primer metal y dispuesta sobre una superficie superior de la capa superconductora 30, y una capa protectora 50 hecha de un segundo metal diferente del primer metal y dispuesta sobre una superficie superior de la primera capa estabilizadora 40. El superconductor 1 puede incluir selectivamente además una capa amortiguadora texturizada 20.

50 El sustrato 10 puede estar hecho de un metal o una aleación de metal, y específicamente, puede estar hecho de molibdeno (Mo), cromo (Cr), cobalto (Co), tungsteno (W), níquel (Ni), acero inoxidable, o aleaciones de los mismos (por ejemplo, Hastelloy).

55 El sustrato 10 puede tener la forma de cinta que tiene una alta relación longitud-anchura. El sustrato 10 de la forma de cinta puede tener superficies definidas como la superficie superior, la superficie inferior, y ambas superficies laterales que son verticales en la primera dirección. Por ejemplo, la anchura del sustrato 10 puede ser de 0,4 a 10 cm, y la longitud del sustrato 10 puede ser de al menos 100 m y, normalmente, al menos 500 m. Por lo tanto, el sustrato 10 puede tener una relación longitud-anchura de al menos  $10^3$ , o al menos  $10^4$ . La relación longitud-anchura indica la relación entre la anchura del sustrato 10 con respecto a la longitud del sustrato 10.

60 El sustrato 10 puede tratarse para que tenga propiedades superficiales que son deseables para formar la capa superconductora 30. Por ejemplo, una superficie del sustrato 10 puede tratarse usando un método físico tal como pulido con el fin de obtener una planeidad y rugosidad de la superficie deseadas, y también se puede tratar usando un método químico, tal como grabado.

65 Además, el sustrato 10 puede tratarse usando una técnica de sustrato texturizado biaxialmente asistida por rodillo (RABiTS), o similares, para que tenga textura biaxial. Sin embargo, la descripción a continuación se da principalmente sobre un caso en el que, en lugar de que el propio sustrato 10 tenga una textura biaxial, se incluye una capa

amortiguadora texturizada 20, que se texturiza biaxialmente a través de un proceso tal como la deposición asistida por haz de iones (IBAD).

5 Por otra parte, el superconductor 1 puede incluir una película de prevención de difusión 21 dispuesta sobre el sustrato 10. La película de prevención de difusión 21 puede estar hecha de un óxido metálico tal como óxido de magnesio, y la película de prevención de difusión 21 se puede formar de forma deseable mediante deposición física de vapor. El óxido metálico puede ser estequiométricamente deficiente en oxígeno. El óxido metálico puede ser un óxido de magnesio y, en este caso, el óxido metálico puede estar representado por  $MgO_{1-x}$  (aquí,  $0 < x < 1$ ). La película de prevención de difusión 21 formada a través de la deposición física de vapor puede ser una película cristalina (por ejemplo, monocristalina, policristalina o microcristalina). La película de prevención de difusión 21 puede entrar en contacto directamente con la superficie superior del sustrato 10.

15 La capa amortiguadora texturizada 20 es una película que proporciona una textura biaxial apropiada para formar la capa superconductora 30 que tiene una orientación cristalográfica deseable. La capa amortiguadora texturizada 20 incluye una capa semilla 23, una capa plantilla 24, y una capa amortiguadora 25.

20 La capa semilla 23 puede formarse sobre el sustrato 10 o la película de prevención de difusión 21. La capa semilla 23 realiza la función de proporcionar una superficie de nucleación de la capa plantilla 24, y realiza la función de dividir la capa plantilla 24 del sustrato 10 cuando se excluye la película de prevención de difusión 21. La capa semilla 23 se forma habitualmente a partir de un óxido tal como óxido de itrio, pero también se puede formar a partir de un no óxido tal como nitruro de silicio. La capa semilla 23 puede formarse usando deposición química de vapor (CVD) o un método físico de deposición de vapor que incluye pulverización catódica, pero la presente invención no se limita a lo mismo.

25 La capa plantilla 24 realiza el papel de proporcionar una textura biaxial a la capa superconductora 30. Es decir, la capa plantilla 24 es una capa de textura biaxial con una textura de cristal que normalmente se alinea a lo largo de los ejes de cristal tanto en el plano interior como exterior de la película. Tal textura biaxial se puede formar usando deposición asistida por haz de iones (IBAD), pero la presente invención no se limita a lo mismo. La capa plantilla 24 puede estar hecha de óxido de magnesio, siendo el óxido de magnesio el óxido metálico que puede usarse más fácilmente como material para IBAD.

30 La capa amortiguadora 25 desempeña el papel de mejorar la propiedad de textura biaxial de la capa plantilla 24. Por ejemplo, la capa amortiguadora 25 puede estar hecha de un óxido metálico homoepitaxial, y esto es eficaz para aumentar el espesor de la IBAD de la capa plantilla 24. La capa amortiguadora 25 puede prepararse con un material, tal como óxido de magnesio, que es el mismo que el material utilizado en la capa plantilla 24, o con un material que sea compatible con la misma, y de forma deseable, puede prepararse usando deposición por haz de iones, pero la presente invención no se limita a lo mismo.

35 Por otra parte, puede existir un desajuste de red matriz entre el óxido de magnesio, que forma la mayor parte de la capa plantilla 25, y el material en la capa superconductora 30. Para reducir dicho desajuste de red matriz, la capa amortiguadora texturizada 20 puede incluir selectivamente además una capa de nivelación 26 dispuesta sobre la capa amortiguadora 25. Es decir, la capa de nivelación 26 puede mejorar la correspondencia de la red matriz y las propiedades químicas de la capa superconductora 30 y la capa plantilla 25. Por ejemplo, la capa de nivelación 26 puede estar hecha de un material cerámico estructurado con perovskita tal como zirconia estabilizada con itria (YSZ), rutenato de estroncio, manganita de lantano, o titanato de estroncio (STO,  $SrTiO_3$ ). La capa de nivelación 26 puede formarse mediante diversas técnicas de deposición física de vapor, pero la presente invención no se limita a las mismas.

40 La capa superconductora 30 puede estar dispuesta sobre la capa amortiguadora texturizada 20. La capa superconductora 30 puede tener propiedades de textura biaxial debido a la capa amortiguadora texturizada 20.

45 La capa superconductora 30 puede seleccionarse arbitrariamente entre materiales superconductores de alta temperatura que normalmente exhiben propiedades superconductoras a la temperatura del nitrógeno líquido, que es 77 K, o más. Dichos materiales pueden incluir  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ , que está representado por  $REBa_2Cu_3O_{7-x}$  (siendo RE un elemento de tierras raras),  $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+y}$ ,  $Ti_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10+y}$ , y  $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+y}$ , y de forma deseable, se puede usar  $YBa_2Cu_3O_{7-Y}$ , que también se llama YBCO. Aquí,  $0 < x < 1$ , y  $0 < y < 1$ .

50 La capa superconductora 30 puede formarse mediante una de las diversas técnicas normalmente utilizadas para formar una película delgada. Por ejemplo, se puede usar una técnica de deposición física de vapor de película delgada, tal como coevaporación reactiva (RCE) o deposición con láser pulsado (PLD) para una alta velocidad de deposición, o puede usarse deposición química de vapor (CVD) para un bajo coste y un tratamiento de gran área superficial. Además, también se pueden usar métodos de coevaporación, ablación con láser, deposición orgánica de metales o sol-gel, y similares.

55 Normalmente, la capa superconductora 30 puede tener un espesor de 1 a 30  $\mu m$ , de forma deseable de 2 a 20  $\mu m$ , y más de forma deseable de 2 a 10  $\mu m$  para obtener un amperaje deseable.

La primera capa estabilizadora 40 está dispuesta sobre la superficie superior de la capa superconductora 30 con el fin de proteger la capa superconductora 30. La primera capa estabilizadora 40 permite desviar una carga eléctrica y que fluya de este modo continuamente cuando no se logra el enfriamiento del superconductor 1 o se excede la densidad de corriente crítica, y desempeña la función de evitar que un refrigerante se infiltre en la capa superconductora 30 para degradar así la capa superconductora 30.

Para mayor eficiencia, la primera capa estabilizadora 40 puede estar hecha de un metal seleccionado del grupo que consiste en oro (Au), plata (Ag), platino (Pt), paladio (Pd), cobre (Cu), y aleaciones de los mismos, y de forma deseable, puede estar hecha de un metal precioso, tal como plata. Por consiguiente, por razones de coste, la primera capa estabilizadora 40 se forma normalmente para que sea más delgada que la capa protectora 50. La primera capa estabilizadora 40 puede formarse de forma deseable mediante una técnica de deposición física de vapor tal como pulverización catódica magnética de CC, pero la presente invención no se limita a lo mismo.

La capa protectora 50 está dispuesta sobre la superficie superior de la primera capa estabilizadora 40. Además, la capa protectora 50 está formada para rodear una superficie superior, una superficie inferior, y ambas superficies laterales de un laminado que incluye el sustrato 10, la capa superconductora 30, y la primera capa estabilizadora 40. Haciendo referencia a la figura 2, la capa protectora 50 rodea la capa superconductora 30 de manera sellante, y específicamente, rodea la capa superconductora 30 para sellar la superficie superior y ambas superficies laterales de la capa superconductora 30. Para ello, la capa protectora 30 puede ser formada para cubrir la superficie superior de la primera capa estabilizadora 40 y la superficie inferior del sustrato 10, y también para cubrir las superficies laterales que conectan la superficie superior de la primera capa estabilizadora 40 a la superficie inferior del sustrato 10.

Al igual que la primera capa estabilizadora 40, la capa protectora 50 también permite desviar la carga eléctrica y que fluya de este modo continuamente cuando no se logra el enfriamiento del superconductor o se excede la densidad de corriente crítica, y desempeña la función de evitar que el refrigerante se infiltre en la capa superconductora 30 para degradar así la capa superconductora 30.

Por otra parte, el superconductor 1 incluye además una primera capa de aleación 45 entre la primera capa estabilizadora 40 y la capa protectora 50.

La capa protectora 50 se forma revistiendo el laminado compuesto por el sustrato 10, la capa superconductora 30, y la primera capa estabilizadora 40 con un segundo metal fundido y, por consiguiente, la primera capa de aleación 45 hecha de una aleación del primer metal de la primera capa estabilizadora 40 y el segundo metal de la capa protectora 50 se forma en la interfaz entre la primera capa estabilizadora 40 y la capa protectora 50.

Normalmente, la capa protectora 50 se forma usando un material adhesivo intermedio tal como una soldadura o un fundente para fijar una cinta de cobre sobre la capa superconductora 30, o mediante una técnica de deposición física de vapor, normalmente pulverización catódica. Sin embargo, para un método que usa el material adhesivo intermedio tal como una soldadura, la adhesividad de la capa protectora 50 es mala, el coste de producción es costoso, y la producción en masa es económicamente desventajosa. En la presente invención, revistiendo el segundo metal fundido para formar la capa protectora 50, la primera capa de aleación 45 hecha de la aleación del primer metal de la primera capa estabilizadora 40 y el segundo metal de la capa protectora 50 se forma de manera que se mejora la adhesividad interfacial. Además, una superficie de la primera capa estabilizadora 40 no es microscópicamente plana, pero la primera capa de aleación 45 se filtra en la superficie irregular de la primera capa estabilizadora 40 para mejorar la adhesividad entre la primera capa estabilizadora 40 y la capa protectora 50. Además, la capa protectora 50 formada mediante el método anterior tiene una superficie extremadamente plana de modo que se realiza fácilmente un proceso para formar otra película de material sobre la capa protectora, y la adhesividad de la otra película de material con respecto a la capa protectora 50 también es excelente.

El segundo metal de la capa protectora 50 es un metal que se puede fundir a una temperatura que no sea excesivamente alta, y se puede usar de forma deseable uno seleccionado del grupo que consiste en estaño, plomo, antimonio, plata, y aleaciones de los mismos. Cuando se considera la eficacia, el coste de producción, y similares, de la capa protectora, es más deseable utilizar estaño.

Por consiguiente, la primera capa de aleación 45 puede ser una aleación del primer metal seleccionado del grupo que consiste en oro, plata, platino, paladio, cobre y aleaciones de los mismos, y el segundo metal seleccionado del grupo que consiste en estaño, plomo, antimonio, plata, y aleaciones de los mismos. En particular, cuando el primer metal de la primera capa estabilizadora 40 es plata y el segundo metal de la capa protectora 50 es estaño o plomo, la primera capa de aleación 45 puede estar hecha de una aleación de plata y plomo o estaño.

Por otra parte, el superconductor 1 incluye además una segunda capa estabilizadora 70 dispuesta sobre una superficie superior de la capa protectora 50. En realizaciones alternativas de la invención, la segunda capa estabilizadora 70 está dispuesta debajo de la superficie inferior del sustrato 10, o está dispuesta tanto sobre la superficie superior de la capa protectora 50 como debajo de la superficie inferior del sustrato 10.

Al igual que la primera capa estabilizadora 40, la segunda capa estabilizadora 70 también desempeña la función de

desvío y de evitar la infiltración del refrigerante. La segunda capa estabilizadora 70 puede ser una cualquiera seleccionada del grupo que consiste en cobre, cinc, latón, níquel, una aleación de níquel, aluminio, acero inoxidable, y aleaciones de los mismos, y con respecto al coste, se puede utilizar de forma deseable latón, que es una aleación de cobre y de cinc. El latón puede incluir pequeñas cantidades de plomo, hierro, estaño o fósforo, y similares. Como  
 5 aleación de níquel, se puede utilizar de forma deseable Hastelloy, que es una aleación que tiene níquel como componente principal e incluye pequeñas cantidades de tungsteno, molibdeno, cobalto, cromo, manganeso, hierro, carbono o titanio, y similares. El acero inoxidable se refiere colectivamente al acero resistente a la corrosión hecho para mejorar la mayor deficiencia del hierro, es decir, una resistencia insuficiente a la corrosión, y puede incluir hierro como componente principal y pequeñas cantidades de carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, níquel, o cromo,  
 10 y similares.

La segunda capa estabilizadora 70 es un metal que tiene forma de cinta y tiene superficies definidas como una superficie superior, una superficie inferior, y ambas superficies laterales. En este caso, la segunda capa estabilizadora 70 se fija a la superficie superior de la capa protectora 50 mediante una capa de metal de bajo punto de fusión 60  
 15 dispuesta entre la capa protectora 50 y la segunda capa estabilizadora 70.

La capa de metal de bajo punto de fusión 60 puede formarse revistiendo la superficie superior de la capa protectora 50 con un metal fundido de bajo punto de fusión. Aquí, dado que una superficie superior, una superficie inferior y  
 20 ambas superficies laterales del laminado que incluye el sustrato 10, la capa superconductora 30, la primera capa estabilizadora 40 y la capa protectora 50 están revestidas con el metal fundido de bajo punto de fusión de tal manera que se forma la capa de metal de bajo punto de fusión 60 que rodea la superficie superior, la superficie inferior, y  
 25 ambas superficies laterales del laminado, la capa protectora 50 puede sellarse rodeándola con la capa de metal de bajo punto de fusión 60. Haciendo referencia a la figura 2, la capa de metal de bajo punto de fusión 60 no solo se puede revestir sobre la superficie superior de la capa protectora 50, sino también sobre la superficie superior, la  
 superficie inferior, y ambas superficies laterales del laminado que incluye el sustrato 10, la capa superconductora 30, la primera capa estabilizadora 40, y la capa protectora 50.

La segunda capa estabilizadora 70 se puede fijar sobre la capa de metal de bajo punto de fusión 60 sobre la superficie superior de la capa protectora 50 antes de que el metal fundido de bajo punto de fusión se endurezca. La segunda  
 30 capa estabilizadora 70 se fija sobre la capa de metal de bajo punto de fusión 60 después de que el metal fundido de bajo punto de fusión se endurezca.

El superconductor 1 incluye además una segunda capa de aleación 50 dispuesta entre la capa protectora 50 y la capa de metal de bajo punto de fusión 60 y hecha de una aleación del segundo metal de la capa protectora 50 y la tercera  
 35 capa de metal de bajo punto de fusión 60. El tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60 es diferente del segundo metal de la capa protectora 60. La segunda capa de aleación 55 se forma revistiendo la superficie superior de la capa protectora 50 con el metal fundido de bajo punto de fusión, y por consiguiente, está hecha de la aleación del segundo metal de la capa protectora 50 y el tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60.

La adhesividad entre la capa protectora 50 y la capa de metal de bajo punto de fusión 60 se mejora formando la  
 40 segunda capa de aleación 55 entre la capa protectora 50 y la capa de metal de bajo punto de fusión 60.

Como tercer metal capaz de formar la capa de metal de bajo punto de fusión 60, se puede utilizar de forma deseable un metal capaz de fundirse a baja temperatura y seleccionado del grupo que consiste en estaño, en plomo, en  
 45 antimonio, en plata, y en aleaciones de los mismos. Es deseable que un metal que tenga una temperatura de fusión más baja que el segundo metal de la capa protectora 50 se seleccione como el tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60. Esto se debe a que la temperatura de fusión del tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60 debe ser más baja que la temperatura de fusión del segundo metal de la capa protectora 50 para  
 50 evitar que el segundo metal de la capa protectora 50 se funda cuando la superficie superior de la capa protectora 50 se reviste con el material fundido de bajo punto de fusión. Por ejemplo, el segundo metal de la capa protectora 50 puede ser estaño, y el tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60 puede ser plomo, que tiene un punto de fusión más bajo que el estaño, y en este caso, la segunda capa de aleación 55 puede ser estaño hecha de una aleación de estaño y de plomo.

El superconductor 1 puede fabricarse mediante operaciones de preparación del sustrato 10, que tiene la forma de una cinta y tiene superficies definidas como la superficie superior, la superficie inferior, y ambas superficies laterales; formación de la capa superconductora 30 en la superficie superior del sustrato 10; formación de la primera capa  
 55 estabilizadora 40 hecha de un metal en la superficie superior de la capa superconductora 30; y formación de la capa protectora 50 hecha de un metal revistiendo la superficie superior de la primera capa estabilizadora 40 con el segundo metal fundido.  
 60

Las descripciones para cada una de las operaciones son las mismas que las descripciones dadas en las descripciones sobre el superconductor 1 y, por lo tanto, se excluyen aquí las descripciones repetidas de las mismas.

65 Sin embargo, en la formación de la capa protectora 50, la superficie superior de la primera capa estabilizadora 40 se reviste con el segundo metal fundido para formar la primera capa de aleación 45 hecha de la aleación del primer metal

de la primera capa estabilizadora 40 y el segundo metal de la capa protectora 50 entre la primera capa estabilizadora 40 y la capa protectora 50.

5 Aquí, en la formación de la capa protectora 50, la superficie superior, la superficie inferior, y ambas superficies laterales del laminado que incluye el sustrato 10, la capa superconductora 30, y la primera capa estabilizadora 40, también pueden revestirse con el segundo metal fundido de manera que la capa protectora 50 rodee la superficie superior, la superficie inferior y ambas superficies laterales del laminado.

10 Un método para revestir el laminado con el segundo metal fundido puede incluir dejar caer el segundo metal fundido sobre el laminado, o sumergir el laminado en un segundo metal fundido de una manera sencilla. La inmersión se puede realizar de 100 a 300 °C durante 1 a 120 segundos, de forma deseable de 150 a 250 °C durante 1 a 60 segundos. Posteriormente, el laminado revestido con el segundo metal fundido se puede enfriar de 0 a 250 °C durante 0 a 120 minutos, de forma deseable de 0 a 100 °C durante 0 a 60 minutos, y de forma más deseable de 0 a 50 °C durante 0 a 10 minutos para formar la capa protectora 50.

15 El método de fabricación del superconductor 1 incluye además fijar la segunda capa estabilizadora 70 a la superficie superior de la capa de metal de bajo punto de fusión 60 mientras se forma la capa de metal de bajo punto de fusión 60 revistiendo la superficie superior de la capa protectora 50 con el metal fundido de bajo punto de fusión.

20 En la fijación de la segunda capa estabilizadora 70, la superficie superior de la capa protectora 30 puede revestirse con el metal fundido de bajo punto de fusión para formar la segunda capa de aleación 55 hecha de la aleación del segundo metal de la capa protectora 50 y el tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión 60.

25 Aquí, la superficie superior, la superficie inferior, y ambas superficies laterales del laminado que incluye el sustrato 10, la capa superconductora 30, la primera capa estabilizadora 40, y la capa protectora 30, también se pueden revestir con el metal fundido de bajo punto de fusión para formar la capa de metal de bajo punto de fusión 60 que rodea la superficie superior, la superficie inferior y ambas superficies laterales del laminado.

30 Un método para revestir el laminado con el metal fundido de bajo punto de fusión puede incluir dejar caer el metal fundido de bajo punto de fusión sobre el laminado, o sumergir el laminado en una solución de metal fundido de bajo punto de fusión, de una manera sencilla. La inmersión se puede realizar de 150 a 400 °C durante 1 a 220 segundos, de forma deseable de 150 a 350 °C durante 1 a 10 segundos, y de forma más deseable de 150 °C a 320 °C durante 1 a 5 segundos. Después de que el laminado revestido con el metal fundido de bajo punto de fusión se extrae de la solución de metal fundido de bajo punto de fusión y se fija a la segunda capa estabilizadora 70, el laminado se puede enfriar de 0 a 400 °C durante 1 a 20 minutos, de forma deseable de 0 a 250 °C durante 0 a 60 minutos, y de forma más deseable de 0 a 50 °C durante 0 a 10 minutos para formar la capa de metal de bajo punto de fusión 60.

#### Modo para realizar la invención

40 En lo sucesivo en el presente documento, se describe en detalle una realización de ejemplo del concepto inventivo para permitir que la presente invención se realice fácilmente por una persona con conocimientos habituales en la técnica. Sin embargo, la presente invención puede realizarse de diversas formas diferentes, y no se limita a las realizaciones descritas en el presente documento.

45 [Ejemplo: Fabricación del superconductor]

(Ejemplo 1)

50 Se formó una película amorfa de prevención de difusión hecha de óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sobre un sustrato Hastelloy usando un método de pulverización catódica. Se formó una capa semilla hecha de óxido de itrio (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sobre la película de prevención de difusión usando un método de pulverización catódica. Se formó una capa plantilla hecha de óxido de magnesio sobre la capa semilla usando un método de deposición asistida por haz de iones (IBAD). Se formó una capa amortiguadora hecha de óxido de magnesio sobre la capa plantilla usando un método de deposición por haz de iones. Se formó una capa de nivelación hecha de manganita de lantano (LMO) sobre la capa amortiguadora  
55 utilizando un método de pulverización catódica.

60 Para formar una capa superconductora, se formó una película precursora de cerámica proporcionando un vapor metálico, que se generó emitiendo un haz de electrones en un recipiente que contenía gadolinio (Gd), cobre (Cu) y bario (Ba), sobre el sustrato sobre el que se formó la capa amortiguadora y, a continuación, se trató térmicamente.

Se utilizó un método de pulverización catódica con magnetron de CC para formar una primera capa estabilizadora hecha de plata sobre la capa superconductora que se formó.

65 El sustrato que tenía la capa superconductora formada sobre el mismo se sumergió durante 2 segundos en una masa fundida de estaño a 230 °C y a continuación se enfrió para formar una capa protectora que tenía un espesor de 20 μm.

El sustrato que tenía la capa protectora formada sobre el mismo se sumergió durante 3 segundos en una aleación de plomo fundida a 250 °C y se extrajo y, a continuación, después de fijar latón que está en forma de cinta, se enfrió al aire a 50 °C durante 30 segundos para formar una capa de metal de bajo punto de fusión y una segunda capa estabilizadora.

5 Al moler una superficie del superconductor fabricado, se observó a través del análisis de espectroscopía de rayos X de dispersión de energía (EDS) que se formó una primera capa de aleación entre la primera capa estabilizadora y la capa protectora, y se formó una segunda capa de aleación formada entre la capa protectora y la capa de metal de bajo punto de fusión.

10 Como resultado de la observación, se confirmó que la primera capa de aleación estaba hecha de una aleación de plata y de estaño, y la segunda capa de aleación estaba hecha de una aleación de estaño y una aleación de plomo.

[Ejemplo experimental 1: Evaluación de las propiedades del superconductor]

15 Se fabricó un cable superconductor que tenía un ancho de 12 mm con el superconductor fabricado en el Ejemplo anterior, se sumergió en nitrógeno líquido a 77 K a presión atmosférica (durante 5 minutos en un estado de equilibrio térmico) y, a continuación, después de su secado repetidamente durante 100 ciclos, como resultado de la evaluación de las propiedades del superconductor, el ensanchamiento de las superficies laterales y la aparición de defectos  
20 externos en las piezas, y similares, estuvieron ausentes, y también se confirmó que no hubo cambios en las propiedades del capa superconductora.

Aunque las realizaciones de ejemplo de la presente invención se han descrito en detalle anteriormente, la presente invención no se limita a las mismas, y también están dentro del alcance de la presente invención diversos cambios y  
25 modificaciones realizadas por un experto en la técnica utilizando los conceptos básicos de la presente invención tal como se definen en las siguientes reivindicaciones.

#### **Aplicabilidad industrial**

30 La presente invención proporciona un superconductor en el que la adhesividad de una capa protectora con respecto a una superficie microscópicamente desigual es excelente y la planeidad de una superficie de la capa protectora es extremadamente excelente, de modo que un proceso para formar otra película de material en una superficie superior de la capa protectora se realiza fácilmente y la adhesividad con respecto a la capa protectora también es magnífica.

## REIVINDICACIONES

1. Un superconductor (1), que comprende:

5 un sustrato (10), que tiene una forma de cinta que se extiende en una primera dirección, y que tiene superficies que se definen como una superficie superior, como una superficie inferior y como ambas superficies laterales; una capa superconductora (30), dispuesta sobre la superficie superior del sustrato (10); una primera capa estabilizadora (40), dispuesta sobre la capa superconductora (30), y que contiene un primer metal; una capa protectora (50), dispuesta sobre la primera capa estabilizadora (40), y que contiene un segundo metal, que es diferente del primer metal; 10 una primera capa de aleación (45), dispuesta entre la primera capa estabilizadora (40) y la capa protectora (50), y que contiene los metales primero y segundo, en donde la capa protectora (50) está en contacto con las superficies laterales opuestas de cada uno del sustrato (10), la capa superconductora (30), la primera capa estabilizadora (40) y la primera capa de aleación (45), y la superficie inferior del sustrato (10), en donde la capa protectora (50) rodea el sustrato (10), la capa superconductora (30), la primera capa estabilizadora (40) y la primera capa de aleación (45); 15 una segunda capa estabilizadora (70), dispuesta solo sobre una superficie superior, solo sobre una superficie inferior, o solo sobre una superficie superior e inferior de la capa protectora (50); una capa de metal de bajo punto de fusión (60), dispuesta entre la capa protectora (50) y la segunda capa estabilizadora (70), conteniendo la capa de metal de bajo punto de fusión (60) un tercer metal que es diferente del primer metal y del segundo metal, y 20 una segunda capa de aleación (55), dispuesta entre la capa protectora (50) y la capa de metal de bajo punto de fusión (60), teniendo la segunda capa de aleación (55) un área superficial mayor que el área superficial de la primera capa de aleación (45), y que contiene el segundo metal y el tercer metal, 25 en donde la capa de metal de bajo punto de fusión (60) está dispuesta sobre una superficie superior, sobre una superficie inferior, y sobre ambas paredes laterales de la capa protectora.

2. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que el segundo metal se proporciona dentro de la primera capa de aleación (45), cuando la capa protectora (50) está fundida.

3. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la capa protectora (50) está dispuesta en ambas superficies laterales de cada uno del sustrato (10), de la capa superconductora (30), y de la primera capa estabilizadora (40), y en la superficie inferior del sustrato.

4. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que el primer metal de la primera capa estabilizadora (40) es uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en oro, plata, platino, paladio, cobre, y aleaciones de los mismos.

5. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que el segundo metal de la capa protectora (50) es uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en estaño, plomo, antimonio, plata, y aleaciones de los mismos.

6. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la primera capa de aleación (45) contiene una aleación de plata y de estaño, o una aleación de plata y de plomo.

7. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la capa de metal de bajo punto de fusión (60) une la segunda capa estabilizadora (70) a la capa protectora (50).

8. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que el tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión (60) es uno cualquiera seleccionado del grupo que consiste en estaño, plomo, antimonio, plata, y aleaciones de los mismos.

9. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la segunda capa estabilizadora (70) es una cualquiera seleccionada del grupo que consiste en cobre, cinc, latón, níquel, una aleación de níquel, aluminio, acero inoxidable, y aleaciones de los mismos.

10. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la segunda capa estabilizadora (70) tiene forma de cinta.

11. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que la segunda capa de aleación (55) contiene estaño y plomo.

12. El superconductor (1) de la reivindicación 1, en el que el punto de fusión del tercer metal de la capa de metal de bajo punto de fusión (60) es menor que el punto de fusión del segundo metal de la capa protectora (50).

13. Un método de fabricación de un superconductor (1), comprendiendo el método:

preparar un sustrato (10) en forma de cinta, que se extiende en una primera dirección, y que tiene superficies que se definen como una superficie superior, como una superficie inferior y como ambas superficies laterales; formar una capa superconductora (30) en la superficie superior del sustrato (10);

formar una primera capa estabilizadora (40) sobre la capa superconductora (30), conteniendo la primera estabilizadora un primer metal; y

formar una capa protectora (50) sobre la primera capa estabilizadora (40), conteniendo la capa protectora (50) un segundo metal, que es diferente del primer metal,

5 en donde, la formación de la capa protectora (50) incluye:

fundir el primer metal; y

10 revestir la primera capa estabilizadora (40) con el primer metal fundido para formar una primera capa de aleación (45), que contiene los metales primero y segundo, entre la primera capa estabilizadora (40) y la capa protectora (50), en donde la capa protectora (50) está formada para estar en contacto con las superficies laterales opuestas de cada uno del sustrato (10), la capa superconductora (30), y la primera capa estabilizadora (40), y la superficie inferior del sustrato (10), la capa protectora (50), que rodea el sustrato (10), la capa superconductora (30), la primera capa estabilizadora (40) y la primera capa de aleación (45), y;

15 formar una capa de metal de bajo punto de fusión (60) sobre la capa protectora (50), conteniendo la capa de metal de bajo punto de fusión (60) un tercer metal, en donde la formación de la capa de metal de bajo punto de fusión (60) incluye la formación de una segunda capa de aleación (55), que tiene un área superficial mayor que un área superficial de la primera capa de aleación (45), y que contiene el segundo metal y el tercer metal, entre la capa protectora (50) y la capa de metal de bajo punto de fusión (60); y

20 fijar una segunda capa estabilizadora (70) solo en una superficie superior, solo en una superficie inferior, o solo en unas superficies superior e inferior de la capa de metal de bajo punto de fusión (60).

14. El método de la reivindicación 13, en el que el primer metal fundido se reviste en ambas superficies laterales de cada uno del sustrato (10), la capa superconductora (30) y la primera capa estabilizadora (40), y en la superficie inferior del sustrato (10).

25 15. El método de la reivindicación 13, en el que la capa de metal de bajo punto de fusión (60) se forma sobre una superficie superior, sobre una superficie inferior, y sobre ambas superficies laterales de la capa protectora (50).

FIG. 1

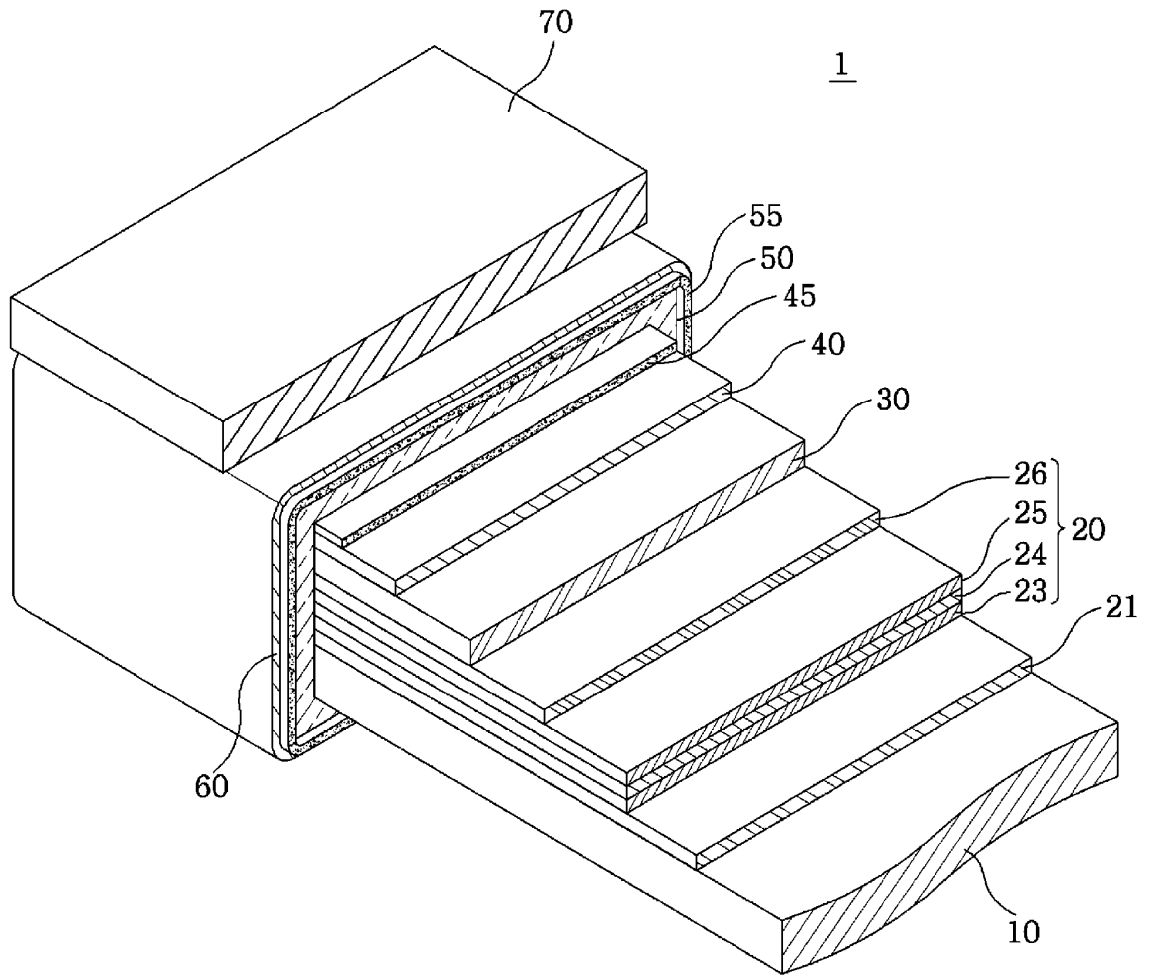


FIG. 2

