



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 284 530**

51 Int. Cl.:

C25D 7/00 (2006.01)

H01L 39/24 (2006.01)

C25D 5/54 (2006.01)

C25D 5/00 (2006.01)

C25D 5/20 (2006.01)

C25D 5/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00967543 .0**

86 Fecha de presentación : **29.08.2000**

87 Número de publicación de la solicitud: **1313895**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.05.2003**

54

Título: **Procedimiento para el recubrimiento metálico de la superficie de superconductores de alta temperatura.**

30

Prioridad: **19.08.2000 DE 100 40 935**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2007

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2007

73

Titular/es: **Adelwitz Technologiezentrum GmbH
Rittergut Adelwitz
04886 Adelwitz, DE**

72

Inventor/es: **Werfel, Frank;
Flögel-Delor, Uta;
Rothfeld, Rolf y
Wippich, Dieter**

74

Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 284 530 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

Procedimiento para el recubrimiento metálico de la superficie de superconductores de alta temperatura.

5 La invención se refiere a un procedimiento para el recubrimiento metálico de la superficie de superconductores de alta temperatura con una estructura básica de cobre - oxígeno.

Los superconductores de alta temperatura (HTSC, High Temperature Superconductors) son adecuados, debido a sus características técnicas superiores, como material operativo eléctrico en la técnica de la energía. Los superconductores utilizados en forma de los compuestos $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ (Bi2212) o $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$ (Bi2223) o $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Y123) requieren para su uso contactos eléctricos o térmicos, derivaciones eléctricas o térmicas o capas de superficie para la pasivación y estabilización. Aunque el HTS - Y123 posee excelentes propiedades físicas en comparación con otros compuestos, hasta el momento no se ha conseguido producir grandes longitudes de conductor. Por el contrario, los superconductores de Bi ya se producen en unidades de kilómetros. Sin embargo, la matriz de Ag necesaria en los hilos de Bi2212 impide algunas aplicaciones interesantes, así, el uso directo para alimentaciones de corriente o limitadores de corriente. Gracias a la alta capacidad conductora eléctrica y térmica de la plata, la reducida transmisión de calor deseada se amplía de forma no intencionada en un criostato de baja temperatura (alimentación de corriente). La rápida formación de una resistencia lo más alta posible para limitar un cortacircuito eléctrico en un HTS limitador de corriente se impide de forma homogénea mediante la matriz de Ag. Las aleaciones de AgAu/Ag o Ag/AgMg, que en combinación con el HTS-Bi presentan una menor conductividad eléctrica y un menor coeficiente de conductividad térmica, ofrecen una vía de salida respecto a la Ag metálica. En estas tecnologías de conductores resulta desventajoso el elevado factor de los costes debidos a la matriz de plata necesaria.

Por el documento de patente DE-C242 20 925 se conoce un procedimiento pulvimetalúrgico para fabricar contactos eléctricos en material HTS, en el que los contactos se prensan en frío de forma isostática y, a continuación, se sinterizan. Como polvo que va a ser prensado se utiliza material HTS o productos de partida no superconductores. Además, según el documento DE-A1 44 18 050 se conoce un procedimiento para la limitación inductiva de corrientes en cortacircuito mediante cilindros huecos superconductores, en el que se puentean sobrecalentamientos locales, los denominados "hot spots" (puntos calientes), mediante capas metálicas con una resistencia específica $> 1 \mu\Omega\text{cm}$ a 77 K, especialmente conductores metálicos hechos de plomo, antimonio, indio, bismuto, acero, estaño o cinc o sus aleaciones. Las realizaciones describen un tubo de HTS con derivación metálica armada para la limitación de corriente en un circuito limitador de corriente. La magnitud física decisiva para la función de derivación es la calidad de la conexión eléctrica de las capas metálicas en el superconductor de cerámica. Debido a los metales y aleaciones que se emplean, que hasta el bismuto no forman parte del nuevo HTS, se alcanzan resistencias de contacto relativamente altas, los metales no nobles se oxidan y se ejerce una influencia negativa sobre la estabilidad del metal - compuesto HTS. En estas soluciones se prevén degradaciones a largo plazo. La combinación de HTS Bi2212 macizos con conductores metálicos, preferiblemente compuestos por metales nobles como Ag, Au, Ru, Os, Rh, Ir, Pd o Pt se describe en el documento DE-A1 41 24 980. En los tubos de Bi2212 fabricados allí en el procedimiento de fundición centrifugada según el documento DE-OS 38 30 092 se funden durante el proceso conductores metálicos, por ejemplo, hilos de plata, en toda la longitud o en los extremos. Éstos sirven para la estabilización del superconductor y la alimentación de corriente a través de los contactos finales. El procedimiento *in situ* es costoso y no en raras ocasiones conduce a la destrucción de una estructura homogénea de superconductor. La formación de fases externas no superconductoras no queda descartada a temperaturas de hasta 870°.

Por tanto, el objetivo de la invención consiste en crear un procedimiento para el recubrimiento metálico de la superficie de superconductores de alta temperatura con una estructura básica de cobre - oxígeno que requiera un reducido coste de fabricación, sirva para la creación de contactos con una reducida resistencia de contacto eléctrica y/o térmica, y amplíe la estabilidad de la metalización. Este objetivo se alcanza gracias a las características de la reivindicación 1. Mediante las características de las reivindicaciones 2 a 10 se describen variantes ventajosas del procedimiento según la invención.

A continuación, debe explicarse detalladamente el procedimiento según la invención mediante un ejemplo de realización. En el dibujo muestran

55 la figura 1: la representación esquemática del dispositivo de recubrimiento para HTS,

la figura 2: un superconductor recubierto en forma de meandro para limitar las corrientes eléctricas en cortacircuito,

60 la figura 3: la dependencia funcional del tiempo de reacción (tiempo de extinción) del superconductor desde la densidad de corriente crítica, y

la figura 4: la unión esquemática de superconductores mediante capas metálicas.

A continuación, se describe el procedimiento según la invención para la aplicación de capas metálicas de cobre o aleaciones de cobre en superconductores de alta temperatura. La particularidad de la deposición aquí reivindicada, tal como se define en la reivindicación 1, consiste en la unicidad e invariabilidad del elemento cobre como portador químico y estructural de todos los HTS redescubiertos. Gracias a la afinidad físico - química de capas y estructuras hechas de cobre o aleaciones de cobre en superficies y superficies límite del nuevo superconductor de cuprato, se for-

ES 2 284 530 T3

man uniones sólidas de metal - HTS como compuestos, especialmente con la estabilidad a largo plazo pretendida. El procedimiento sirve para la deposición de cobre metálico en material superconductor de alta temperatura para fabricar contactos eléctricos, térmicos u ópticos. El objetivo según la invención era la sustitución de los actuales procedimientos de recubrimiento y conexión que requerían altos costes y un alto consumo de tiempo por una variante sencilla y económica. Puede utilizarse la deposición galvánica en los materiales superconductores de cerámica de forma sorprendente. Una condición previa para esto es una capacidad conductora eléctrica suficiente del material a temperatura ambiente. Para la aplicación práctica de los nuevos superconductores, mediante un recubrimiento del superconductor se mejoran propiedades fundamentales y parámetros del material o sólo se hacen posibles con esto. La ventaja de la invención del recubrimiento galvánico de HTS en forma de cuerpos sólidos texturizados por fundición, capas delgadas o capas gruesas, hilos y bandas con cobre o aleaciones de cobre permite alcanzar el objetivo anteriormente citado. El procedimiento consigue lo siguiente:

(1) que las superficies de los materiales HTS se sellen frente a ataques químicos o mecánicos (función de la pasivación),

(2) que bajo altas cargas eléctricas se mejore la estabilidad de corriente y tensión de los superconductores,

(3) que se consiga un endurecimiento del material HTS con aumento de la dureza gracias al relleno de las microfisuras y poros y de la superficie,

(4) que una capa intermedia metálica mejore la capacidad de adherencia y contacto de otras capas, especialmente compuestas por metales nobles como Ag, Au, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Pd, W y Ni, Cr, Re, así como sus aleaciones,

(5) que la capa metálica mejore el acoplamiento termodinámico del superconductor en fuentes de frío,

(6) que se suavice y/o pule finamente con fines ópticos la rugosidad de las superficies de los HTS,

(7) que se originen contactos que puedan soldarse, con los que se apliquen conexiones a los HTS o se unan entre sí los componentes HTS,

(8) que mediante la metalización se originen los contactos por presión y apriete en los HTS,

(9) que capas galvánicas en HTS policristalinos para corrientes de transporte reduzcan los componentes resistivos y, en los límites intergranulares, mejoren la estabilidad eléctrica mediante una conmutación de paso de la corriente.

Con el presente procedimiento según la invención se muestra que el recubrimiento de los superconductores de alta temperatura con cobre o aleaciones de cobre mejora claramente la estabilidad de los superconductores frente a cargas eléctricas, especialmente cargas variables como cortacircuitos y sobretensión, cargas mecánicas, ataques químicos o la estabilidad en caso de fallo de la refrigeración.

Según la figura 1, entre el ánodo 1 y el cátodo 2 una fuente 3 de corriente continua regulable activa el proceso electrolítico en una célula galvánica. La deposición electrolítica de cobre sobre el material superconductor de alta temperatura alcanza el punto más efectivo con alta densidad de corriente al utilizar un electrolito 4 de ácido sulfúrico. La deposición también es posible mediante electrolito alcalino de cianuro.

La deposición de aleaciones de Cu en HTS es posible, según la invención una vez porque, mediante la elección de la concentración de iones de los electrolitos, las curvas de potencial de corriente de los componentes individuales de la aleación se desplazan conjuntamente de manera que se consigue un potencial de deposición común.

La deposición galvánica según la invención se acopla adicionalmente con dispositivos para homogeneizar y refinar el granulado de las capas:

(a) excitación por ultrasonidos del electrolito,

(b) superposición de campos magnéticos,

(c) sincronización de la corriente continua,

de forma combinada o en etapas individuales.

Según la invención, sobre el material superconductor se depositan las siguientes aleaciones de cobre:

cobre - cinc (latón); una relación de 1:1 en el electrolito proporciona capas con la composición

$\text{Cu} : \text{Zn} = 70 : 30$

cobre - cinc (bronce de estaño)

ES 2 284 530 T3

cobre - aluminio (bronce de aluminio)

cobre - níquel (monel)

5 cobre - berilio (bronce de berilio - alta resistencia)

Además, debe considerarse la polarización química que puede promover la deposición galvánica de varios componentes o puede impedirla completamente en casos desfavorables.

10 Las soluciones electrolíticas se filtran periódicamente o de forma permanente en el baño para eliminar impurezas, sobre todo, productos de reacción con la superficie de HTS sensible en caso de densidades de corriente demasiado altas.

15 La fuente de corriente está diseñada, según la invención, de modo que la corriente que fluye puede impulsarse de forma constante o en una amplia relación de paso y tiempo de bloqueo. El periodo del flujo de corriente es en este caso variable de 0,001 Hz a 1 kHz. Gracias a la pulsación, el electrolito permite mayores intensidades de corriente. Las capas se hacen más estables mecánicamente o adquieren un granulado más fino.

20 En otra forma de realización, en la célula galvánica se aplica un campo magnético cerca del ánodo y/o del cátodo mediante un dispositivo magnético. Las fuerzas de Lorentz resultantes $F = Cu^{2+}/Me^{2+} (v \times B)$, donde v es la velocidad de los iones cargados y B es el campo magnético, generan una desviación de los iones de cobre unida con un movimiento del baño y una estructura de capa resultante homogénea y de granulado fino. En la tabla I se comparan las propiedades físicas de las aleaciones de cobre y superconductores de alta temperatura.

25

TABLA I

Comparación de la resistencia eléctrica específica de diferentes compuestos de Cu con Bi y HTS-Y123

30

	$\rho(77K)$ [$\mu\Omega\text{cm}$]	$\rho(100 K)$ [$\mu\Omega\text{cm}$]	$\rho(293 K)$ [$\mu\Omega\text{cm}$]
$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$		800	1200
$\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$		1000	1500
Cobre, metálicamente	0,2	0,4	1,6
Latón 80/20	3,8	4,3	6,8
Latón 70/30	4,6	4,9	6,8
CuNi 70/30	36,5	37	38
CuNiMn 54/45/1	32	33	35
CuAl			11,4
CuSn 3	9,6	9,7	10,1

60

65 Además, existe la posibilidad de la homogeneización y estabilización eléctrica de HTS mediante aleaciones de cobre - níquel en forma de la función de derivación en limitadores de corriente superconductores. Con esto debe alcanzarse la función de la limitación de corriente mediante una resistencia eléctrica específica alta de la capa. La deposición de aleaciones de cobre - níquel en superficies de superconductores de alta temperatura se lleva a cabo

ES 2 284 530 T3

mediante electrolitos de cianuro alcalinos o ácidos con contenido en fosfato. La composición para la deposición de aleaciones de cobre con hasta 50% de Ni en HTS tiene lugar mediante un electrolito con la siguiente composición:

5	pirofosfato de cobre $\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$	5-10 g/l
	cloruro de níquel $\text{NiCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	40 - 90 g/l
	pirofosfato de potasio o	
	pirofosfato de sodio $(\text{K}/\text{Na})_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$	300 - 400 g/l

10 La figura 2 muestra una forma posible de un módulo 7 de HTS - YBCO en forma de meandro recubierto para la limitación resistiva rápida de corrientes en cortocircuito en instalaciones de alimentación de energía.

Al emplear el superconductor para la limitación rápida de una corriente eléctrica en cortocircuito se aprovecha, partiendo del estado superconductor de una pieza conductora de HTS con una sección 8 transversal conductora, la rápida formación de la conducción normal al superar una densidad de corriente crítica determinada. Dado que la operación del limitador no tiene que activarse, sino que se activa intrínsecamente sólo mediante la corriente en cortocircuito, los limitadores de corriente superconductores se encuentran entre las aplicaciones potenciales para material operativo técnico de energía. En este tipo de limitadores de corriente resistivos, tras la transmisión superconductora - conductora normal a través de la corriente en cortocircuito, se origina bruscamente calor Joule que el superconductor debe transportar. El diseño del limitador de corriente superconductor se ajusta a las magnitudes eléctricas de corriente y tensión que determinan la resistencia limitadora sin derivación R_1 y con derivación R_1^B de recubrimiento dada por la longitud del superconductor l .

25	$R_1 = \rho l/A$	sin recubrimiento
	$R_1^B = (\rho_{s1} + \rho_m) l/(A_{s1} + A_m)$	con recubrimiento,

donde ρ_{s1} y ρ_m o A_{s1} y A_m son las resistencias o secciones transversales de conductor específicas correspondientes para el superconductor y la derivación metálica.

30 Este procedimiento es común a todos los tipos de limitadores resistivos basados en superconductores. En este caso, es decisivo evitar los denominados "hot spots" en los superconductores en la realización técnica. El recubrimiento metálico con una capa altamente resistiva de una aleación 9 de cobre, en especial CuNi, mejora la homogeneidad y estabilidad del material superconductor en su funcionamiento como elemento limitador de corriente autónomo en caso de un cortacircuito. Dado que en caso de extinción (quench) la resistencia específica del conductor HTS es fundamentalmente mayor que la del recubrimiento metálico, la corriente fluye principalmente a través de la derivación y se protege el superconductor. Las dimensiones de un módulo macizo hecho de YBCO para limitar un cortocircuito eléctrico están diseñadas de modo que una corriente eléctrica de 2000 amperios puede fluir sin impedimentos. En caso de un cortocircuito, la corriente aumenta a un múltiplo de la corriente nominal. El superconductor con una intensidad de corriente de transporte crítica de aproximadamente $10 \text{ kA}/\text{cm}^2$ limita la corriente a aproximadamente 5 kA mediante su sección transversal geométrica de conductor de, por ejemplo, $6 \times 8 \text{ mm}^2 = 0,48 \text{ cm}^2$. Para una alimentación de tensión de 10 kV se requieren, para la formación de la resistencia del limitador, dieciséis módulos YBCO conectados en serie para dar una longitud en cada caso de $4,8 \text{ m}$. El comportamiento de limitación de un limitador de corriente superconductor depende, tal como se muestra en la figura 3, fundamentalmente de la densidad J_c de corriente crítica, de la realización de la combinación superconductor - metal (relación de las secciones transversales) y de la longitud del conductor. Por tanto, para un periodo de excitación del limitador de corriente de, por ejemplo, 1 ms , es necesaria básicamente una densidad de corriente crítica de aproximadamente $4 \text{ kA}/\text{cm}^2$. Un conductor muy largo limita una corriente en cortacircuito mediante la denominada resistencia "flux flow" (flujo de vórtices) a intensidades de campo eléctrico de $1-10 \text{ V}/\text{m}$, es decir, para una limitación nominal de 10 kV se requieren longitudes de conductor $> 1000 \text{ m}$. En este caso, la energía E J disipada se mantiene reducida. Debido a las grandes longitudes de conductor necesarias aumentan los costes en esta realización. Resulta económicamente más atractivo un limitador de corriente resistivo con menor longitud de conductor, en el que se originan intensidades de campo en el caso de limitación de $100-300 \text{ V}/\text{m}$. Como resistencia de limitación actúa la resistencia del material por encima de la temperatura crítica del superconductor (normalmente, 100 K en YBCO). La variante de diseño resulta económicamente atractiva, no obstante, requiere una distribución uniforme de la carga eléctrica de limitación en caso de extinción (efecto Quench) en todo el superconductor y, por lo tanto, una gran homogeneidad de los parámetros eléctricos en toda la longitud. Adicionalmente, el máximo calentamiento permitido representa un límite inferior para el volumen de superconductor empleado. La ventaja según la invención del recubrimiento CuNi galvánico es una mejora de la homogeneidad del conductor, la evitación de efectos hot - spot, una mayor carga de corriente del módulo limitador y una relación reducida de corriente del limitador respecto a la corriente normal. Otro efecto positivo de la deposición de capas de CuNi en HTS consiste en la estabilización de alimentaciones de corriente HTS. En este caso, se reduce la conductividad térmica de la capa. Alimentaciones de corriente superconductoras tales como las mostradas en la figura 4 cumplen el objetivo de conectar la alimentación de corriente continua o corriente alterna desde la temperatura ambiental a un nivel de temperatura inferior con un aporte de calor mínimo. El superconductor desacopla en este caso la ley de Wiedemann-Franz válida para los metales, según la cual un buen conductor eléctrico también es siempre un buen conductor térmico. La función de derivación representa el estado de la técnica según una serie de patentes y publicaciones (DE 44 30 408 A1, DE 197 29 987 C1, US 5.432.297). Mediante la realización concreta de la derivación metálica se consiguen únicamente realizaciones insuficientes. La calidad y eficacia de la derivación depende fundamentalmente del coeficiente del material

ES 2 284 530 T3

de la capacidad conductora térmica para no aumentar innecesariamente el aporte de calor en la reserva de baja temperatura por medio de la derivación. Se consigue una reducción de la conducción de calor respecto a los altos valores de la plata por medio de aleaciones AgAu/Ag. Sin embargo, la plata y, sobre todo, el oro son metales nobles costosos. Al emplear los HTS para el transporte de corriente en alimentaciones de corriente superconductoras, un recubrimiento metálico de una barra de YBCO con una aleación de cobre con reducidos coeficientes de conducción térmica en el funcionamiento como elemento de derivación puede asegurar la estabilidad y el resultado durante al menos un tiempo de transmisión hasta la desconexión de la corriente. El objetivo se consigue con una aleación de CuNi 80/20 con un coeficiente de conductividad térmica de aproximadamente 0,1 W/cm a 77 K. Los contactos eléctricos y los cables de alimentación se realizan preferiblemente de cobre. La zona de contacto contiene una capa metálica de cobre, también aplicada de forma galvánica, en la superficie. Se consigue una alta resistencia de la capa de metal porque el cobre penetra en las micro-fisuras y poros. El recubrimiento del superconductor restante en forma de barra con una aleación de cobre como tubo o bloque macizo se realiza por medio de un electrolito que contiene citrato con la siguiente composición:

15	sulfato de cobre $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	5 - 20 g/l
	sulfato de níquel $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	30 - 100 g/l
	ácido cítrico $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \times \text{H}_2\text{O}$	80 - 100 g/l
	cloruro sódico NaCl	3-5 g/l

20 En la realización según la invención del procedimiento galvánico, la fuente de corriente continua puede controlar de forma constante o pulsada el recubrimiento con la aleación de CuNi. En función de la morfología de la superficie del superconductor, se mejora la homogeneidad de las capas de CuNi mediante la aplicación de campos magnéticos. El uso de los electrolitos anteriormente mencionados es menos grave en relación con la técnica de seguridad y la carga para el medioambiente que una deposición mediante electrolitos de cianuro. La deposición de aleaciones de cobre - níquel en superficies de superconductores de alta temperatura también se consigue mediante una solución de cianuro alcalina de la siguiente composición:

30	carbonato sódico $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$	20 - 30 g/l
	bisulfito sódico $\text{Na}_2\text{SO}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$	20 - 30 g/l
	acetato de cobre	20 g/l
	cianuro de calcio KCN	20 g/l

35 Además, puede conseguirse una mejor estabilización mecánica del superconductor, por ejemplo, mediante la deposición de latón y CuNi en la superficie de HTS. Mediante el uso y la mezcla de cianuro de cobre normal de 0,1 y solución de cianuro de cinc 0,1 normal, las curvas de potencial - corriente del cobre y el cinc a densidades de corriente de 0,1-0,3 A/dm² están distanciadas entre sí sólo 0,2V. Con esto, se consigue la deposición de una aleación homogénea de latón en superficies de HTS. En una forma de realización, al denominado "procedimiento galvanotérmico", se le aplica de forma separada sucesivamente capas de cobre y cinc y, a continuación, se mezcla a temperaturas de 300 a 600°C para dar latón. De forma alternativa, se depositan capas de Cu/CuNi de forma galvánica sobre superficies superconductoras y con esto se obtiene una mejor estabilidad mecánica.

45 El recubrimiento de latón y CuNi mejora la estabilidad mecánica de los elementos superconductores gracias a la penetración en las micro-fisuras y poros. Los HTS estabilizados de esta manera puede soldarse, se aumenta la resistencia a la tracción del material superconductor y, en una técnica de montaje tal como la que se muestra en la figura 4, su unen superconductores 8 individuales prefabricados para formar unidades y formas geométricas mayores. Tras la aplicación de Cu o aleaciones 10 de Cu en la superficie de los superconductores 8 individuales, se aplica la capa de soldadura entre éstas.

50	Cianuro de cobre $\text{Cu}(\text{CN})_2$	30 g/l
	Cianuro de cinc $\text{Zn}(\text{CN})_2$	6-10 g/l
	NaCN	40 g/l
55	Na_2CO_3	15 g/l

Lista de números de referencia

60	1	Ánodo
	2	Cátodo
	3	Fuente de corriente continua
65	4	Electrolito de ácido sulfúrico
	5	Dispositivo magnético

ES 2 284 530 T3

6	Campo magnético
7	Módulo - HTS
5 8	Superconductor
9	Aleación de cobre
10	Aleación de cobre.
10	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para el recubrimiento metálico de superconductores de alta temperatura (HTSC, High Temperature Superconductor) con una estructura básica de cobre - oxígeno, especialmente los superconductores RE (RE (=tierras raras) = Y, Nd, Sm, Yb) en relación estequiométrica y no estequiométrica y HTSC de bismuto mediante un procedimiento galvánico, **caracterizado** porque para producir contactos de baja resistencia y conseguir con esto una reducida resistencia de contacto eléctrica y/o térmica, así como una metalización estable entre el HTSC y el acoplamiento eléctrico y/o térmico se aplica cobre y/o aleaciones de cobre mediante electrolitos acuosos de sulfato de
10 cobre.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en la superficie del HTSC se generan estructuras de cobre libres o parcialmente cubiertas de forma controlada.

15 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque las estructuras de cobre se generan de forma controlada en la superficie del HTSC configurado en forma de capas delgadas y/o gruesas.

20 4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque las estructuras de cobre se producen de forma controlada en la superficie del HTSC configurado en forma de hilos y/o bandas.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se excita por ultrasonidos un baño de sulfato de cobre que va a aplicarse y, con esto, se produce un efecto que aumenta la dureza sobre la capa de cobre y se reduce la selectividad en profundidad.

25 6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el procedimiento de galvanización de sulfato de cobre se realiza mediante pulsación del flujo de corriente con una densidad de corriente en el intervalo de 200 a 500 mA/cm².

30 7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la concentración de la solución que va a aplicarse está en la franja de hasta 250 g/l.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque a la célula galvánica se superpone un campo magnético permanente y/o alterno.

35 9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la capa aplicada de forma galvánica de una aleación de cobre sirve como capa intermedia intensificadora de la adhesión para otras capas metálicas galvánicas, especialmente con los metales nobles Ag, Au, Pt, Ir, Ru, Re, Pd, Os, W y los metales Ni, Cr, Mo y V.

40 10. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las capas metálicas aplicadas se transforman mediante procedimientos químicos y/o térmicos en óxidos estables.

11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque mediante el tratamiento térmico de capas de Cu/aleación de Cu a una temperatura de aproximadamente 80 - 100°C se produce un óxido estable de fórmula Cu₂O.

45

50

55

60

65

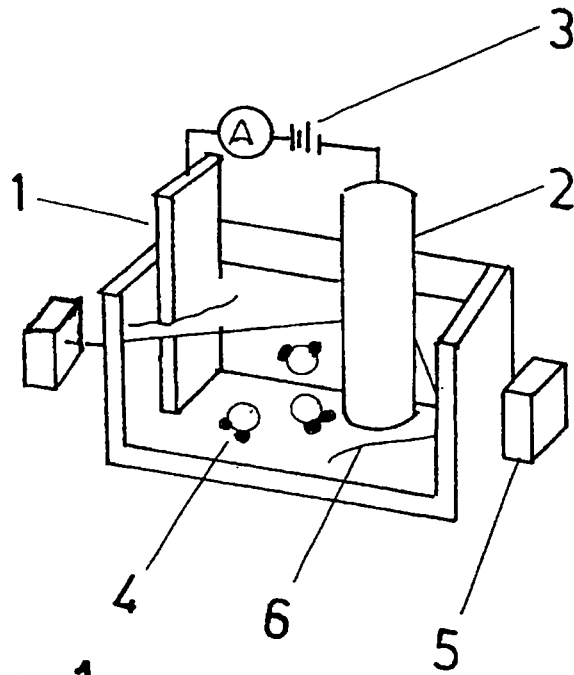


Fig. 1

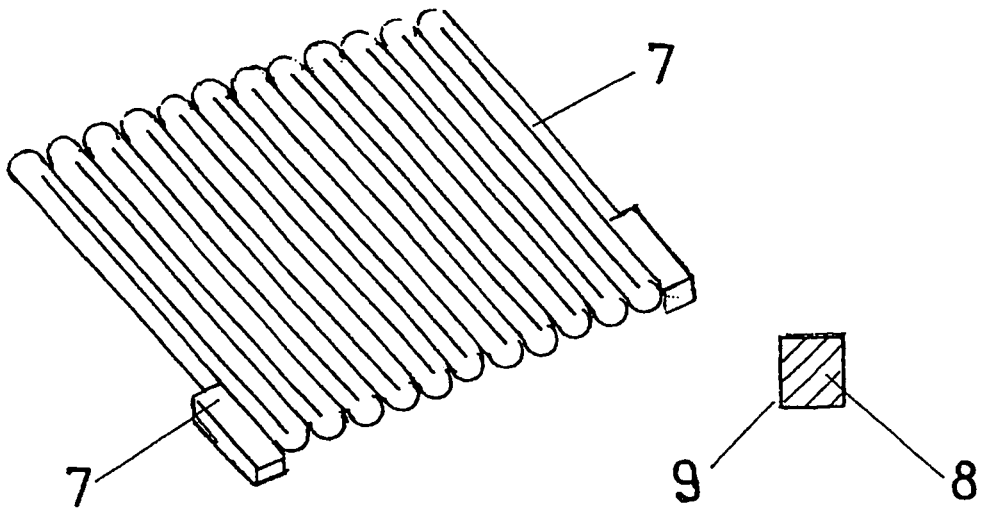


Fig. 2

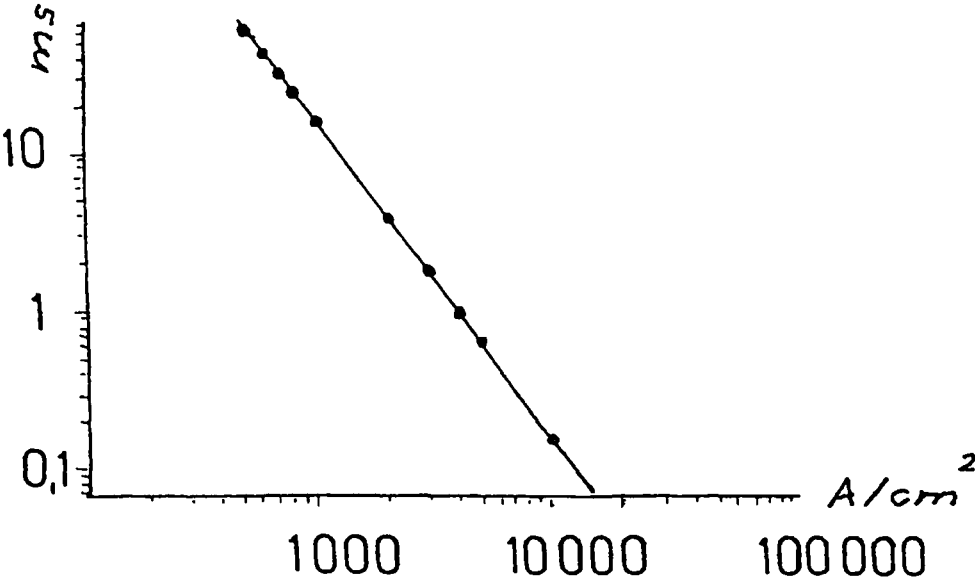


Fig. 3

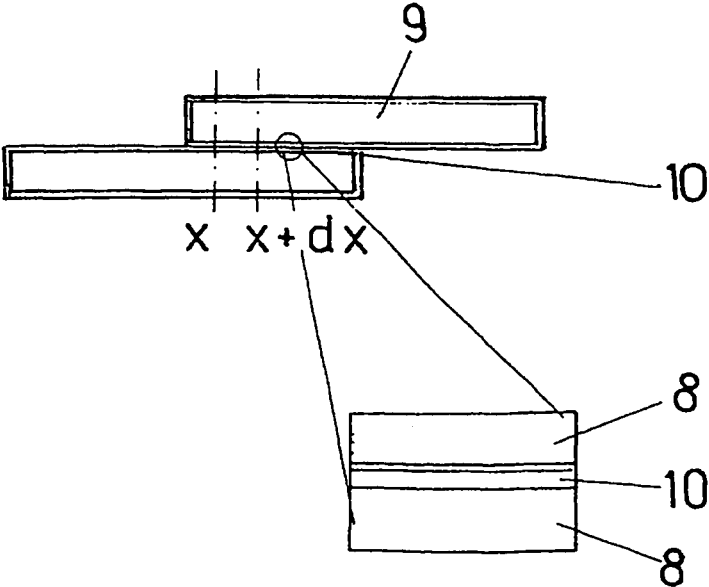


Fig. 4