

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 057**

51 Int. Cl.:

**C04B 37/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2021 PCT/EP2021/080163**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022 WO22090487**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2021 E 21805423 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 4237390**

54 Título: **Sustrato de cobre-cerámico**

30 Prioridad:

**02.11.2020 DE 102020213729**

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

**01.04.2025**

73 Titular/es:

**AURUBIS STOLBERG GMBH & CO. KG (100.00%)  
Zweifaller Strasse 150  
52224 Stolberg, DE**

72 Inventor/es:

**CAPPI, BENJAMIN y  
LEHMANN, HELGE**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 3 010 057 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).

DESCRIPCION

Sustrato de cobre-cerámico

La invención se refiere a un sustrato de cobre-cerámica con los rasgos del término genérico de la reivindicación 1.

5 Los sustratos de cobre-cerámica (por ejemplo DCB, AMB) son usados por ejemplo para la fabricación de módulos electrónicos de potencia y son un material compuesto de un soporte cerámico con capas de cobre dispuestas bien sea en un lado o en ambos lados del mismo. Las capas de cobre son prefabricadas como material semiterminado de cobre en forma de una lámina de cobre, usualmente con un espesor de 0,1 mm a 1,0 mm y unidas mediante un procedimiento de unión con el soporte cerámico. Tales procedimientos de unión son conocidos también como DCB (Unión Directa de Cobre) o como AMB (Soldadura de Metal Activo con Latón). Para una mayor fortaleza del soporte cerámico, pueden aplicarse sin embargo también posiciones de cobre o capas de cobre con un espesor todavía mayor, lo cual es básicamente ventajoso desde el punto de vista de las propiedades eléctricas y térmicas.

10 Como soporte cerámico se usan placas de cerámica por ejemplo de mulita,  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$ , AlN, ZTA, ATZ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ , MgO, CaO,  $CaCO_3$  o una mezcla de al menos dos de estos materiales.

20 Se sabe que los sustratos de cobre-cerámica con una capa de cobre con una microestructura fina, por ejemplo con un promedio de tamaño de grano de máximo  $100 \mu m$ , al menos sobre la superficie libre que se aparta del soporte cerámico, tienen en general ventajas básicas respecto a la idoneidad para la inspección óptica, la capacidad de unión durante la unión con alambre fino para diámetro de alambre menor que  $50 \mu m$ , el comportamiento de corrosión para las estructuras más finas, formación de frontera de grano, la aptitud para la galvanización y el procesamiento adicional. De acuerdo con ello, es ventajosa una microestructura fina y homogénea en la capa de cobre, sobre todo sobre la superficie libre. Además, una microestructura más fina y con ello más dura ofrece resistencia frente a daños mecánicos (por ejemplo rasguños). La conducción del proceso durante el procedimiento de DCB tiene lugar escasamente por debajo del punto de fusión del cobre, a temperaturas  $>1050 \text{ }^\circ C$ . El proceso de soldadura durante el procedimiento de AMB tiene lugar a temperaturas  $\geq 800 \text{ }^\circ C$ . La influencia térmica en los procesos AMB y DCB de fabricación engruesa al cobre, en donde esta tendencia aumenta con la pureza creciente del cobre. Por ello, es necesaria una elevada estabilidad del cobre o de la aleación de cobre frente a la formación de grano grueso.

30 Una elevada proporción de elementos de aleación en el cobre, por consiguiente un cobre con baja pureza, es al respecto opuesta diametralmente a los requerimientos sobre la conductividad de la capa de cobre, que de modo correspondiente a los requerimientos de la aplicación final del sustrato de cobre-cerámica está en el intervalo de por lo menos 55 MS/m. Además, el sustrato de cobre-cerámica debería poder ser fabricado de modo conveniente en costes.

35 El documento US2016/120017 muestra láminas de cobre con una pureza de 99,90 % en peso, que pueden contener 180 ppm de Ag o 100 ppm de Ag y ningún oxígeno. La lámina de cobre puede ser laminada con un sustrato de cerámica. 1

El documento WO2020/162445 muestra la unión de una placa de cobre muy puro con un sustrato de cerámica. El fósforo contrarresta el comportamiento de refinación de grano que tienen los elementos que causan el crecimiento del grano. Por ello, la presencia de fósforo en la placa de cobre está limitada a 1 ppm.

40 Ante este fundamento, la invención basa el objetivo en suministrar un sustrato de cobre-cerámica que exhiba una estructura fina y homogénea de la microestructura y una elevada conductividad y que se fabrique de modo conveniente en costes.

De acuerdo con la invención, para el logro del objetivo se propone un sustrato de cobre-cerámica con los rasgos de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas de encuentran otros perfeccionamientos preferidos.

45 Por ello, se propone un sustrato de cobre-cerámica con un soporte cerámico y por lo menos una capa de cobre unida con una superficie del soporte cerámico. La capa de cobre exhibe una proporción de al menos 99,5 % de Cu (cobre). La capa de cobre exhibe además una proporción de por lo menos 50 ppm de Ag (plata) y una proporción de máximo 3000 ppm de Ag, y también 0,1-30 ppm de P. La capa de cobre puede retener también otras proporciones de otros elementos.

50 En formas ventajosas de realización, el sustrato de cobre-cerámica exhibe dos capas de cobre, que están unidos en cada caso con una superficie del soporte cerámico.

Además, se propone una forma ventajosa de realización, en donde la capa de cobre exhibe una proporción de al menos 99,7 % Cu (cobre), por ejemplo 99,8 % de Cu.

## ES 3 010 057 T3

En la capa de cobre o en las capas de cobre del sustrato de cobre-cerámica puede alcanzarse, mediante una proporción propuesta, una formación de grano fino. Se forma una microestructura fina y homogénea en la capa de cobre. Al respecto, pueden alcanzarse tamaños de grano de máximo 100  $\mu\text{m}$  en promedio, que pueden ser satisfechos también para las elevadas temperaturas de proceso requeridas.

- 5 De acuerdo con una forma ventajosa de realización, se propone que la capa de cobre exhiba un promedio de tamaño de grano entre 40  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente entre 40  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$ . El promedio de tamaño de grano puede ser además preferiblemente de entre 40  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ , mejor por ejemplo 50  $\mu\text{m}$ . La desviación estándar del promedio de tamaño de grano puede ser por ejemplo menor que 30  $\mu\text{m}$ . De modo correspondiente, las capas de cobre en particular la superficie libre del sustrato de cobre o las capas de cobre, satisfacen elevados requerimientos de una estructura fina y homogénea de la microestructura, para diversas aplicaciones. La capa de cobre es con ello particularmente bien adecuada para una inspección óptica y para la capacidad de unión durante la unión con alambre fino. Además, debido a la estructura fina y homogénea de la microestructura, la capa de cobre muestra un comportamiento de corrosión bastante bueno para las estructuras más finas, así como una idoneidad particular para procedimientos galvánico de recubrimiento, en particular gracias a zanjas límite de grano particularmente planas y a la baja rugosidad asociada con ellas. Las propiedades mecánicas homogéneas y constantes de la superficie y de la microestructura que ayudan a alcanzar propiedades invariables en eventos de procesamiento adicional. El correspondiente evento de procesamiento adicional puede ser por ejemplo la unión de alambre mediante procedimientos de ultrasonido, en donde el alambre de unión tiene que ser colocado con exactitud puntual con diámetros por ejemplo en el intervalo de 10 a 100  $\mu\text{m}$ . En este caso la homogeneidad de microestructura en los puntos de contacto del alambre de unión es de la mayor importancia. Mediante la formación de grano fino puede además alcanzarse una elevada resistencia de la capa de cobre, correspondiente a la relación de Hall-Petch.

- La superficie de la capa de cobre es particularmente adecuada para la soldadura de chips, en particular con una miniaturización en progreso de los chips, puesto que la microestructura homogénea y fina puede disminuir el gradiente de tensión en la zona de los chips soldados, lo cual eleva la calidad de la soldadura así como la duración de la unión por soldadura, respecto a una microestructura gruesa y no homogénea.

El sustrato de cobre-cerámica propuesto ofrece simultáneamente una elevada conductividad > 55 MS/m en la o en las capas de cobre, debido a un elevado contenido de cobre.

- Una ventaja particular en costes resulta de que el sustrato de cobre-cerámica puede ser fabricado tanto mediante Soldadura de Metal Activo con Latón (AMB) como también mediante la Unión Directa de Cobre (DCB). En particular, el sustrato de cobre-cerámica puede ser fabricado mediante AMB también con soldaduras libres de Ag, que requieren elevadas temperaturas de soldadura  $\geq 1000$  °C. El sustrato de cobre-cerámica puede ser fabricado además mediante otros procedimientos de unión térmica, por ejemplo unión térmica por difusión. El sustrato de cobre-cerámica propuesto exhibe de acuerdo con ello una elaborada estabilidad frente a la formación de grano grueso.

Se propone que la capa de cobre exhiba una dureza de penetración de por lo menos 0,7 GPa para profundidades de penetración entre 0,4  $\mu\text{m}$  y 0,6  $\mu\text{m}$ .

Se propone además que la capa de cobre exhiba una dureza de penetración de por lo menos 0,8 GPa profundidades de penetración entre 0,1  $\mu\text{m}$  y 0,25  $\mu\text{m}$ .

- La elevada dureza de superficie de la capa de cobre, sobre todo para bajas profundidades de penetración <1  $\mu\text{m}$ , que puede ser determinada en particular mediante procedimiento de QCSM de disolución en profundidad, da como resultado una elevada resistencia frente a las influencias mecánicas (por ejemplo una elevada resistencia frente a los rasguños) en procesos de procesamiento adicional o también durante el transporte hasta estos procesos. Con ello puede asegurarse una elevada calidad de la superficie. Así mismo, una correspondiente elevada dureza de la superficie en la zona mostrada, es ventajosa para una multiplicidad de procedimientos de procesamiento adicional.

De acuerdo con un perfeccionamiento, se propone que la capa de cobre exhiba una proporción de máximo 800 ppm de Ag. Esto puede conducir en particular a una reducción de costes.

- Se estipula que la capa de cobre exhiba una proporción de máximo 30 ppm de P (fósforo). Se reconoció que la presencia de fósforo puede suprimir el comportamiento positivo de refinación del grano de la aleación propuesta. Esto es válido en particular para cobre comercializado comercialmente, que puede contener regularmente más fósforo. Se ha enfatizado que mediante la limitación propuesta del contenido de P puede reducirse de manera efectiva la influencia negativa.

- Además, se estipula que la capa de cobre exhiba una proporción de por lo menos 0,1 ppm de P. Una disminución adicional de la proporción de fósforo no alcanza un mejoramiento adicional de las propiedades de la capa de cobre.

## ES 3 010 057 T3

- De acuerdo con una forma preferida de realización, la capa de cobre exhibe una proporción de máximo 10 ppm de O (oxígeno), más preferiblemente máximo 5 ppm de O. Una proporción correspondientemente menor de oxígeno alcanza una suficiente resistencia al hidrógeno, de modo que pueden ocurrir diferentes pasos del procedimiento bajo atmósfera de nitrógeno. Simultáneamente, un menor contenido de oxígeno, en particular
- 5 De máximo 5 ppm de O, puede repercutir positivamente en la conductividad de la capa de cobre.
- Se propone además que la capa de cobre exhiba una proporción de por lo menos 0,1 ppm de O. Una disminución adicional de la proporción de oxígeno no alcanza un mejoramiento adicional en las propiedades de la capa de cobre.
- Además, se propone que
- 10 - la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn de en cada caso mínimo 0,01 ppm hasta máximo 1 ppm, en donde
- la capa de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización exhiba una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 5 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- 15 Además, se propone que
- la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos Bi, Se, Sn, Te de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 2 ppm, en donde
- la capa de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización exhiba una proporción de los elementos Bi, Se, Sn, Te de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 8 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de
- 20 una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- Además, se propone que
- la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos Al, Sb, Ti, Zr de en cada caso mínimo 0,01 ppm hasta máximo 3 ppm, en donde
- la capa de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización exhiba una proporción de los elementos Al, Sb, Ti, Zr de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 10 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de
- 25 una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- Además, se propone que
- la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos As, Co, In, Mn, Pb, Si de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 5 ppm, en donde
- 30 - la capa de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización exhiba una proporción de dos elementos As, Co, In, Mn, Pb, Si de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 20 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- Además, se propone que
- 35 - la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni, S de cada caso mínimo 0,01 a máximo 10 ppm, en donde
- la capa de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización exhiba una proporción de los elementos B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni, S de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 50 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- 40 Se propone que la capa de cobre exhiba una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn, Bi, Se, Sn, Te, Al, Sb, Ti, Zr, As, Co, In, Mn, Pb, Si, B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni, S incluyendo otras impurezas, de máximo 50 ppm. Mediante ello puede simplificarse el logro de una elevada conductividad y una correspondiente estructura fina de la microestructura.
- Las proporciones mencionadas se refieren en cada caso a la proporción en peso.
- 45 A continuación se ilustra la invención sobre la base de formas preferidas de realización, haciendo referencia a las figuras anexas. Al respecto, se muestra
- Fig. 1 un sustrato de cobre-cerámica con una capa de cobre;
- Fig. 2 un sustrato de cobre-cerámica con dos capas de cobre;

Fig. 3 una micrografía de una capa fina de cobre de acuerdo con la invención, de un sustrato de cobre-cerámica de acuerdo con el proceso de DCB;

Fig. 4 una micrografía de una capa fina de cobre de acuerdo con la invención, de un sustrato de cobre-cerámica de acuerdo con el proceso de AMB;

5 Fig. 5 distribución de tamaño de grano de capas de cobre de acuerdo con la invención, de un sustrato de cobre-cerámica de acuerdo con el proceso de DCB y el proceso de AMB;

Fig. 6 nanodureza de capas de cobre de acuerdo con la invención de un sustrato de cobre-cerámica de acuerdo con el proceso de DCB y el proceso de AMB, en comparación con un cobre de referencia; y

10 Fig. 7 micrografía con marcación de la proporción, en términos de área, de cristales gemelos de capas de cobre de acuerdo con la invención de un sustrato de cobre-cerámica de acuerdo con el proceso de DCB y el proceso de AMB en comparación.

15 Los módulos de potencia son elementos estructurales de semiconductores de la electrónica de potencia, y son usados como conectores semiconductores. En una carcasa contienen varios semiconductores (chips) de potencia aislados eléctricamente del cuerpo de cobre. Éstos son aplicados sobre una superficie metalizada de una placa aislante de la electricidad (por ejemplo de cerámica) mediante soldadura o unión, con lo cual se garantiza por un lado la disipación de calor en dirección de la placa de fondo, pero por el otro lado también el aislamiento eléctrico. La unión de las capas metalizadas y las placas aislante es denominada como sustrato 1 de cobre-cerámica y es realizada a escala industrial mediante la denominada tecnología de DCB (Unión Directa de Cobre) o mediante la denominada tecnología de AMB (Soldadura de Metal Activo con Latón).

20 El contacto de los chips es realizado mediante unión con alambres delgados de unión. Además, pueden estar presentes e integrados otros grupos de ensamble de la más diversa función (por ejemplo sensores, resistencias).

25 Para la fabricación de un sustrato de DCB, se unen soportes 2 cerámicos (por ejemplo  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$ , AlN, ZTA, ATZ) por el lado superior e inferior con capas 3, 4 de cobre en un proceso de unión. En preparación a este proceso, las capas 3, 4 de cobre pueden ser oxidadas (por ejemplo por vía química o térmica) superficialmente antes de la colocación sobre el soporte 2 cerámico y a continuación ser colocadas sobre el soporte 2 cerámico. La conexión (unión) surge en un proceso de alta temperatura a  $\geq 1050$  °C, en donde sobre la superficie de las capas 3, 4 de cobre surge una masa fundida eutéctica, que se conecta con el soporte 2 cerámico. Esta conexión consiste por ejemplo, en el caso de cobre (Cu) sobre óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) en una capa delgada de Cu-Al-spinela.

30 Para la fabricación de un sustrato de AMB, se sueldan las capas 3, 4 de cobre sobre un soporte 2 cerámico, mediante una soldadura dura adecuada. El proceso de soldadura tiene lugar al vacío o en atmósfera protectora adecuada, por ejemplo hidrógeno, a temperaturas  $> 800$  °C. Al respecto, puede tratarse de procesos en lote o procesos continuos. El uso de soldaduras libres de plata (por ejemplo soldaduras de CuAlTiSi) aumenta la temperatura requerida de proceso, de modo que estos procesos de soldadura pueden tener lugar a temperaturas de hasta 1050 °C.

35 Además, para la fabricación del sustrato 1 de cobre-cerámicas pueden usar también procedimientos en los cuales la conexión entre cobre y cerámica es preparada mediante un proceso de unión a base de difusión (por ejemplo unión por difusión térmica). Temperaturas del proceso están en este caso así mismo  $\geq 1000$  °C.

40 En la figura 1 se muestra una representación esquemática de un ejemplo de realización de un sustrato 1 de cobre-cerámica con un soporte 2 cerámico y una capa 3 de cobre propuesta. La capa 3 de cobre exhibe una proporción elevada de cobre de al menos 99,5 % de Cu, en donde se incluye una proporción de plata de al menos 50 ppm de Ag y máximo 3000 ppm de Ag.

45 La capa 3 de cobre puede ser conectada por ejemplo, de acuerdo con el procedimiento de DCB o con el procedimiento de AMB descritos al principio, con el soporte 2 cerámico, de modo que éstos están conectados mediante una conexión por fuerzas atómicas en la zona 5 de borde de superficie con el soporte 2 cerámico.

50 En la figura 2 se muestra una representación esquemática de un ejemplo de realización de un sustrato 1 de cobre-cerámica con un soporte 2 cerámico, de manera análoga al ejemplo de realización de la figura 1, en donde se suministran dos capas 3 y 4 de cobre divergentes propuestas. Las capas 3 y 4 de cobre exhiben una elevada proporción de cobre de al menos 99,5 % de Cu, en donde la proporción de plata suministrada es de al menos 50 ppm de Ag y máximo 3000 ppm de Ag.

55 Las capas 3 y 4 de cobre pueden estar conectadas por ejemplo de acuerdo con el procedimiento de DCB o con el procedimiento de AMB descritos al principio, con el soporte 2 cerámico, de modo que éstos están conectados mediante una conexión por fuerzas atómicas en las respectivas zonas 5 y 6 de borde de superficie con el soporte 2 cerámico.

## ES 3 010 057 T3

Las capas 3 y 4 de cobre con las proporciones propuestas de Cu y Ag, en particular con la proporción propuesta de O de máximo 10 ppm de O, más preferiblemente máximo 5 ppm de O, son materiales de Cu altamente conductores y exhiben una conductividad de 55 MS/m, preferiblemente por lo menos 57 MS/m y en particular preferiblemente de por lo menos 58 MS/m.

- 5 La adición de Ag, la limitación de la proporción de fósforo a máximo 30 ppm de P así como la presencia de otros elementos en las capas 3, 4 de cobre, hacen posible que la proporción comparativamente baja de Ag sea suficiente para contrarrestar un engrosamiento de la microestructura de las capas 3, 4 de cobre, por la influencia térmica en el procedimiento de AMB o el procedimiento de DCB, de modo que las capas 3, 4 de cobre del sustrato 1 de cobre-cerámica exhiben una microestructura fina y homogénea. Esto es por ejemplo  
10 particularmente adecuado para la corrosión de las estructuras más finas. Además, mediante la microestructura fina se alcanza una elevada estabilidad de las capas 3, 4 de cobre y con ello una elevada resistencia frente al deterioro mecánico, correspondiente a la relación de Hall-Patch.

- 15 Los productos semiterminados de las capas 3 y 4 de cobre pueden exhibir un espesor de 0,1 a 1,0 mm y son aplicados en grandes dimensiones sobre el soporte 2 cerámico y unidos mediante el procedimiento de DCB con el soporte 2 cerámico. A continuación se corta y procesa adicionalmente el sustrato 1 de cobre-cerámica de gran superficie, en pequeñas unidades. Alternativamente, la unión puede ocurrir mediante el procedimiento de AMB.

Tales productos semiterminados de cobre para las capas 3, 4 de cobre son fabricados por ejemplo en procedimientos de manufactura bajo exclusión de oxígeno.

- 20 Adicionalmente, las capas 3 y 4 de cobre pueden exhibir una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 1 ppm y/o exhibir una proporción de los elementos Bi, Se, Sn, Te de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 2 ppm y/o exhibir una proporción de los elementos Al, Sb, Ti, Zr de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 3 ppm y/o exhibir una proporción de los elementos As, Co, In, Mn, Pb, Si de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 5 ppm y/o exhibir una proporción de los elementos B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni,  
25 S de en cada caso mínimo 0,01 a máximo 10 ppm. Los elementos adicionales enumerados pueden ser incorporados en la microestructura deliberadamente, mediante dotación durante el proceso de fusión inmediatamente antes del vertido, o también pueden estar presentes en las capas 3 y 4 de cobre debido a las impurezas, ya durante la fabricación del producto semiterminado de cobre. En cualquier caso, la proporción de estos elementos debería ser preferiblemente de máximo 50 ppm, incluyendo otras impurezas.

- 30 Además, las capas 3, 4 de cobre de acuerdo con otra forma preferida de realización pueden exhibir una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn de en total por lo menos 0,05 ppm y máximo 5 ppm, una proporción de los elementos Bi, Se, Sn, Te de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 8 ppm, una proporción de los elementos Al, Sb, Ti, Zr de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 10 ppm, una proporción de los elementos As, Co, In, Mn, Pb, Si de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 20 ppm y una proporción de los  
35 elementos B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni, S de en total por lo menos 0,1 ppm y máximo 50 ppm.

Las proporciones descritas de cantidades de los elementos pueden ayudar a alcanzar el tamaño de grano medio propuesto de la microestructuras. Al respecto, la formación de la microestructura es atribuible en particular al afinado del grano de la microestructura causado por los elementos y la disminución de la cristalización secundaria en la microestructura durante el proceso de unión.

- 40 En la figura 3 se muestra una micrografía de una de las capas 3, 4 de cobre del sustrato 1 de cobre-cerámica, que fue fabricado en un procedimiento de DCB. La microestructura las capas 3, 4 de cobre se distingue en este ejemplo de realización por un promedio de tamaño de grano de  $56,5 \mu\text{m}$  con una desviación estándar de  $28,5 \mu\text{m}$  y está con ello por debajo de los requerimientos de  $100 \mu\text{m}$  de promedio de tamaño de grano. Los tamaños de grano son determinados de acuerdo con procedimientos de intersección lineal (DIN EN ISO 2624).

- 45 En la figura 4 se muestra una micrografía de una de las capas 3, 4 de cobre del sustrato 1 de cobre-cerámica, que fue fabricado en un procedimiento de AMB. La microestructura de las capas 3, 4 de cobre se distingue en este ejemplo de realización por un promedio de tamaño de grano de  $78 \mu\text{m}$  con una desviación estándar de  $34,6 \mu\text{m}$  y está con ello por debajo de los requerimientos de  $100 \mu\text{m}$  de promedio de tamaño de grano. Los tamaños de grano fueron determinados de acuerdo con procedimientos de intersección lineal (DIN EN ISO  
50 2624).

La distribución de tamaños de grano de los dos ejemplos de realización correspondientes a las figuras 3 y 4 es representada en la figura 5. Tanto durante una fabricación de acuerdo con el procedimiento de DCB como también de acuerdo con el procedimiento de AMB, surge como resultado una distribución monomodal de tamaños de grano en la o en las capas 3, 4 de cobre.

- 55 En la figura 6 se grafican durezas de penetración en GPa sobre un desplazamiento normal en  $\mu\text{m}$  de una medición de nanodureza, mediante el procedimiento QCSM de disolución en profundidad para una capa 3, 4 de cobre de una capa de cobre de acuerdo con el procedimiento de DCB (círculos negros), de acuerdo con el procedimiento de AMB (círculos blancos) y una de referencia (cuadrados negros). La medición de nano directa

5 fue ejecutada con varios niveles de carga, en donde la fuerza máxima de prueba fue 100 mN. Como marcador se usó un cuerpo de penetración de Berkovich. La dureza de penetración es de acuerdo con ello graficada en función de la profundidad de penetración. Las superficies de las capas 3, 4 de cobre de los sustratos 1 de cobre-cerámica de acuerdo con la invención muestran en ambas rutas de fabricación una mayor dureza de penetración sobre todas las profundidades de penetración hasta  $3,5 \mu\text{m}$ , en comparación con el cobre de referencia. Al respecto, se ha mostrado que con la aleación propuesta puede alcanzarse una dureza de penetración claramente mejorada para menores profundidades de penetración o zona de superficie cercana a la capas 3, 4 de cobre. Esto aumenta, entre otras, la resistencia frente a los rasguños y es ventajoso para la aptitud de resistencia frente a las influencias mecánicas en el procesamiento adicional. Estas propiedades de mayor dureza de penetración para la zona de superficie cercana de menos de por ejemplo  $2 \mu\text{m}$ , mejor por ejemplo  $1 \mu\text{m}$  o también por ejemplo  $0,5 \mu\text{m}$  son además ventajosas para la aplicación de los alambres más finos de unión en el procedimiento de soldadura por ultrasonido.

15 Además, las microestructuras de la capas 3, 4 de cobre del sustrato 1 de cobre-cerámica fabricado de acuerdo con la invención de acuerdo con el procedimiento de DCB y también de acuerdo con el procedimiento de AMB, son estampadas mediante la formación de gemelos propagados. Los gemelos pueden ser reconocidos como tiras en la micrografía, que corresponden a la zona media de un grano plegado en la posición de los gemelos. Las estructuras de la microestructura pueden diferenciarse ligeramente de manera correspondiente a la ruta elegida de fabricación, por ejemplo DCB (Figura 7a) o AMB (Figura 7b), del sustrato 1 de cobre-cerámica.

20 La formación de gemelos es incluso un fenómeno conocido en los materiales de cobre. En el caso del sustrato 1 de cobre-cerámica se observa la formación reforzada de gemelos en el proceso de colocación, activado de modo térmico. Por consiguiente, la formación térmica de gemelos ocurre en el proceso de recristalización. Se trata de formación de gemelos inducida térmicamente (gemelos de recocido). La formación de gemelos tiene, en particular en microestructuras finas, una influencia positiva sobre la dureza del material.

25 En la figura 7 los gemelos tienen color oscuro. De modo correspondiente a la figura 7a, para la microestructura de las capas 3, 4 de cobre de acuerdo con el procedimiento de DCB, resulta una proporción de área de los gemelos, de 19,4 %. Para las capas 3, 4 de cobre de acuerdo con el procedimiento de AMB correspondiente al ejemplo de realización de la figura 7b, surge como resultado una proporción de área de los gemelos de 21,6 %. Las mencionadas proporciones de área se diferencian sólo ligeramente de un cobre de referencia, aunque sin embargo resultan más gemelos más pequeños, en cual repercute más fuertemente respecto a la elevación de la dureza, en comparación con menor número de gemelos grandes.

30

REIVINDICACIONES

1. Sustrato (1) de cobre-cerámica con
  - un soporte (2) cerámico y
  - por lo menos una capa (3,4) de cobre unida con una superficie del soporte (2) cerámico,
- 5 caracterizado porque
  - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de al menos 99,5 % de Cu,
  - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de por lo menos 50 ppm de Ag, y
  - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de máximo 3000 ppm de Ag, y
  - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de máximo 30 ppm de P, y
- 10 - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de por lo menos 0,1 ppm de P. Las proporciones son proporciones en peso.
2. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la capa (3,4) de cobre exhibe un promedio de tamaño de grano entre 40  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ . Los tamaños de grano fueron determinados de acuerdo con procedimientos de intersección lineal (DIN EN ISO 2624).
- 15 3. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la capa (3,4) de cobre exhibe un promedio de tamaño de grano entre 40  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$ .
4. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa (3,4) de cobre exhibe una dureza de penetración de por lo menos 0,7 GPa para profundidades de penetración entre 0,4  $\mu\text{m}$  a 0,6  $\mu\text{m}$ .
- 20 5. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa (3,4) de cobre exhibe una dureza de penetración de por lo menos 0,8 GPa para profundidades de penetración entre 0,1  $\mu\text{m}$  y 0,25  $\mu\text{m}$ . La medición de nanodureza fue realizada mediante el procedimiento de QCSM disuelto en profundidad. La medición de nanodureza fue ejecutada con varios niveles de carga, en donde la fuerza máxima de prueba fue 100 mN. Como marcador se usó un cuerpo de penetración de Berkovich.
- 25 6. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
  - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de máximo 10 ppm de O.
7. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque
- 30 - la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de por lo menos 0,1 ppm de O.
8. Sustrato (1) de cobre-cerámica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa (3,4) de cobre exhibe una proporción de los elementos Cd, Ce, Ge, V, Zn, Bi, Se, Sn, Te, Al, Sb, Ti, Zr, As, Co, In, Mn, Pb, Si, B, Be, Cr, Fe, Mn, Ni, S, incluyendo otras impurezas, de máximo 50 ppm.

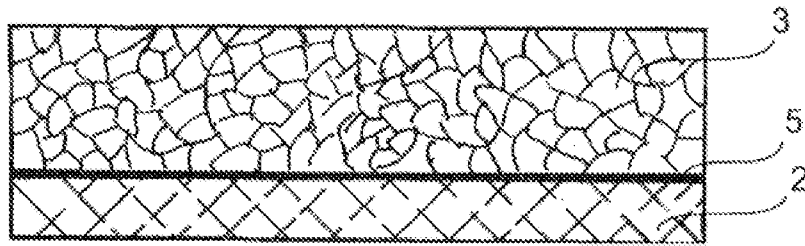


Fig. 1

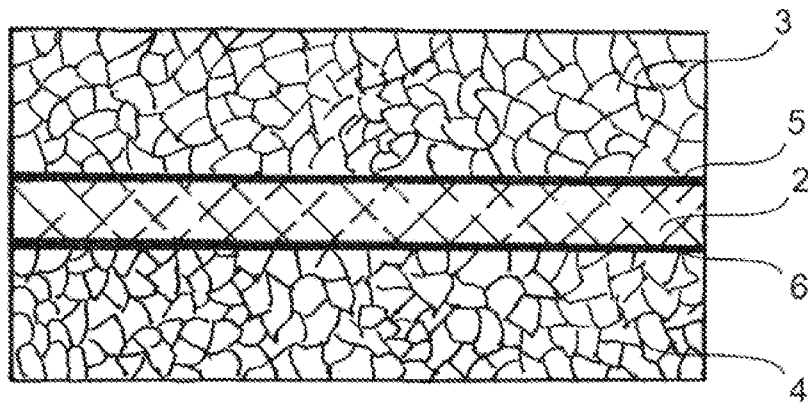


Fig. 2

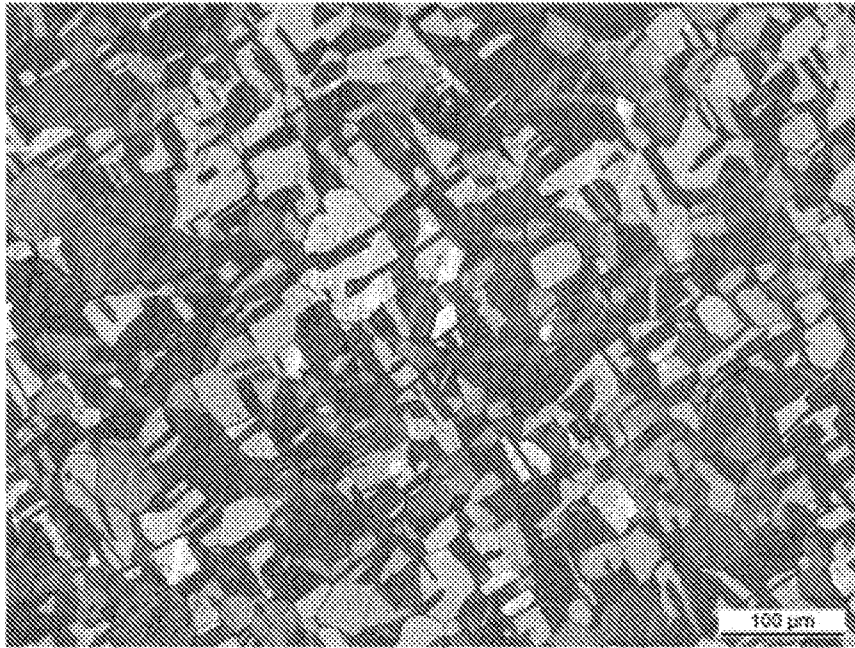


Fig. 3

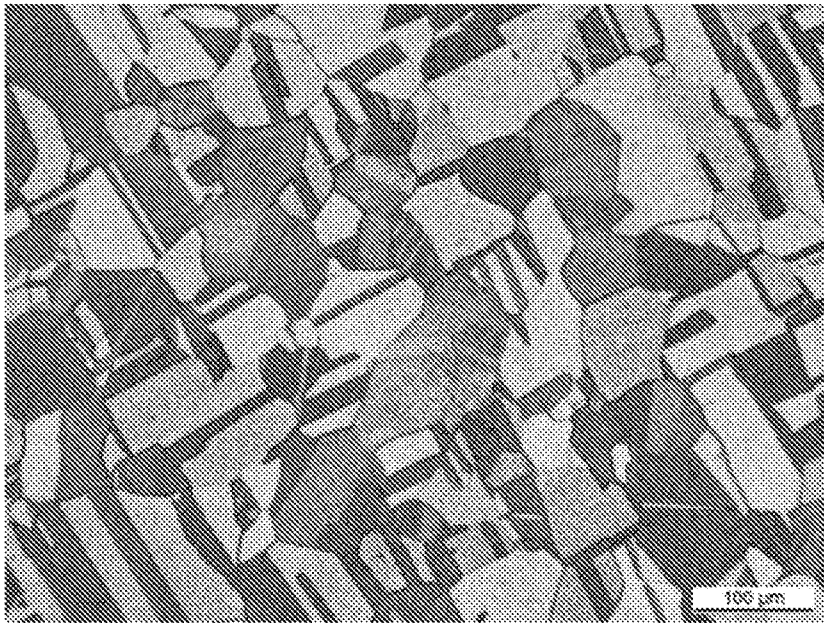


Fig. 4

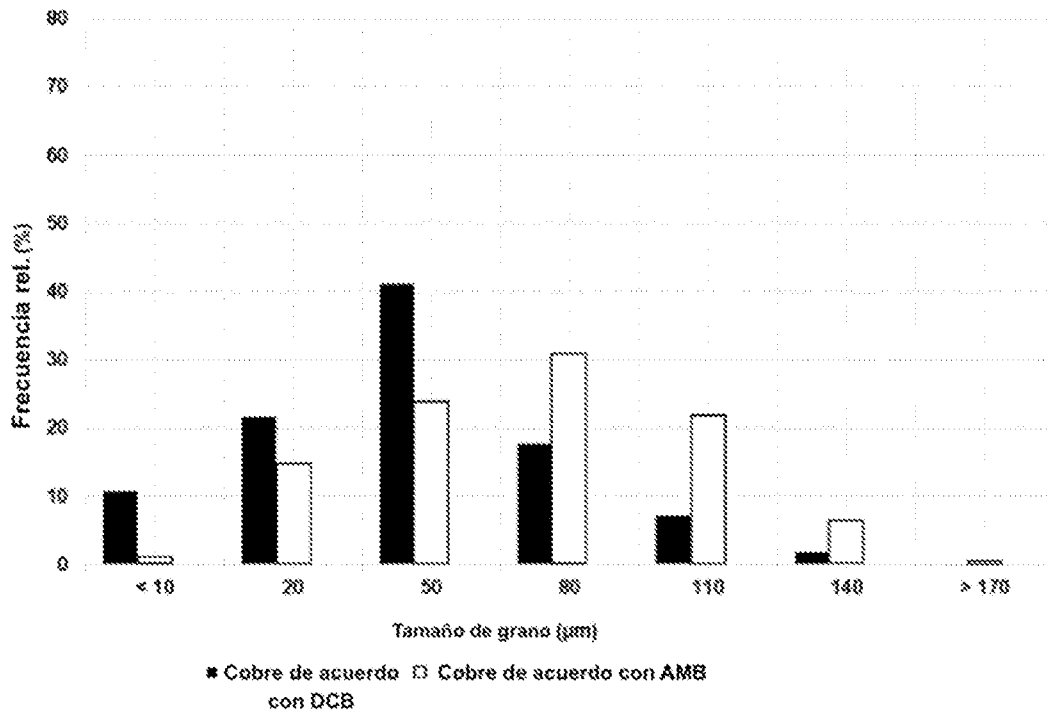


Fig. 5

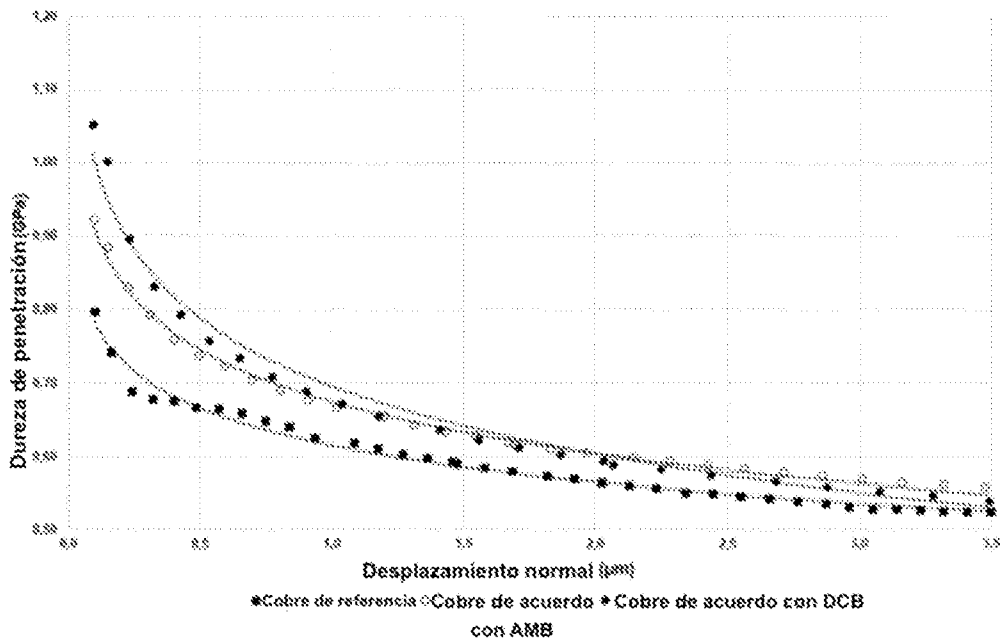


Fig. 6

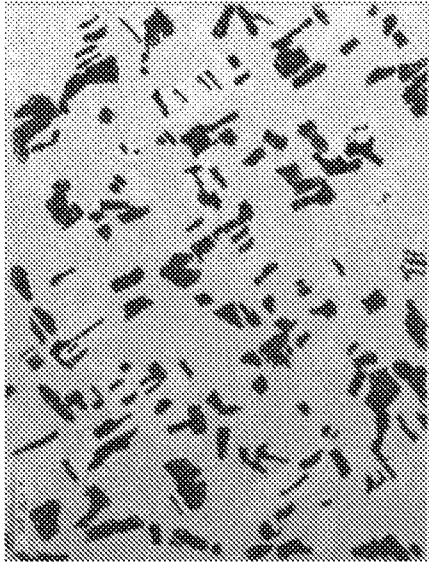


Fig. 7a



Fig. 7b