

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 421**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 13/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 13/02</b>	(2006.01)
<b>B23K 35/22</b>	(2006.01)
<b>B23K 35/26</b>	(2006.01)
<b>B23K 1/00</b>	(2006.01)
<b>B23K 35/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2021 PCT/JP2021/023598**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2021 WO21261486**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2021 E 21829696 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023 EP 4019652**

54 Título: **Aleación para soldadura, pasta de soldadura, bola de soldadura, preforma de soldadura, junta de soldadura, circuito electrónico en el vehículo, circuito electrónico de ECU, dispositivo de circuito electrónico en el vehículo y dispositivo de circuito electrónico de ECU**

30 Prioridad:  
**23.06.2020 JP 2020107816**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.03.2024**

73 Titular/es:  
**SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD. (100.0%)  
23, Senju Hashido-cho, Adachi-ku  
Tokyo 120-8555, JP**

72 Inventor/es:  
**YOSHIKAWA SHUNSAKU;  
SAITO TAKASHI;  
IIJIMA YUUKI;  
DEI KANTA y  
MATSUFUJI TAKAHIRO**

74 Agente/Representante:  
**BERTRÁN VALLS, Silvia**

ES 2 960 421 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**

5 Aleación para soldadura, pasta de soldadura, bola de soldadura, preforma de soldadura, junta de soldadura, circuito electrónico en el vehículo, circuito electrónico de ECU, dispositivo de circuito electrónico en el vehículo y dispositivo de circuito electrónico de ECU

**Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a una aleación para soldadura, a una pasta de soldadura, a una bola de soldadura, a una preforma de soldadura, a una junta de soldadura, a un circuito electrónico en el vehículo, a un circuito electrónico de ECU, a un dispositivo de circuito electrónico en el vehículo y a un dispositivo de circuito electrónico de ECU.

**Antecedentes de la técnica**

15 Los automóviles están equipados con circuitos electrónicos (a continuación en el presente documento denominados circuitos electrónicos en el vehículo) que tienen componentes electrónicos soldados a placas impresas. Los circuitos electrónicos en el vehículo se usan para dispositivos que controlan eléctricamente motores, dirección asistida, frenos y similares, y son componentes de seguridad extremadamente importantes para el funcionamiento de los automóviles. En particular, un circuito electrónico en el vehículo denominado ECU (unidad de control de motor), que es un circuito electrónico que controla un vehículo con un ordenador para mejorar la eficiencia del combustible, debería poder funcionar de manera estable y sin fallas durante un largo periodo de tiempo. Muchas de estas ECU generalmente se instalan cerca de los motores y los entornos de uso tienen condiciones severas.

25 Las inmediaciones de un motor en las que está instalado un circuito electrónico en el vehículo de este tipo alcanzan temperaturas extremadamente altas durante la rotación del motor. Por otro lado, cuando se detiene la rotación del motor, las inmediaciones quedarán expuestas a la temperatura del aire exterior, por ejemplo, un ambiente bajo cero en invierno en regiones frías tales como América del Norte y Siberia. Por consiguiente, se espera que los circuitos electrónicos en el vehículo hagan funcionar y detengan repetidamente los motores y, por tanto, deberían hacer frente a cambios severos de temperatura.

30 Cuando un circuito electrónico en el vehículo se coloca en un entorno tal que cambia significativamente de temperatura durante un largo periodo de tiempo, cada uno del componente electrónico y la placa impresa provocan expansión y contracción térmica. Sin embargo, debido a la gran diferencia entre el coeficiente de expansión térmica lineal del componente electrónico y el coeficiente de expansión térmica lineal de la placa impresa, una parte soldada que une el componente electrónico y la placa impresa (a continuación en el presente documento denominada "junta de soldadura") experimenta un determinado desplazamiento térmico durante su uso en el entorno mencionado anteriormente y, por tanto, se aplica tensión repetidamente debido a los cambios de temperatura. Luego, se aplica tensión a la junta de soldadura y, finalmente, se rompe la superficie de contacto unida de la parte de junta de soldadura. En los circuitos electrónicos, incluso si las juntas de soldadura no están completamente rotas, se generan grietas en las partes de junta de soldadura a una tasa de grietas del 99 % o menos, posiblemente aumentando los valores de resistencia de los circuitos y luego provocando un mal funcionamiento, incluso si las juntas de soldadura son eléctricamente conductoras. El hecho de que la generación de grietas en las juntas de soldadura provoque un mal funcionamiento de los circuitos electrónicos en el vehículo, en particular de las ECU, puede conducir a accidentes automovilísticos graves con vidas humanas. Tal como se describió anteriormente, las características del ciclo de calor son particularmente importantes para los circuitos electrónicos en el vehículo, en particular las ECU, para los cuales se requieren las condiciones de temperatura más severas imaginables.

50 Como aleación para soldadura que puede soportar tales condiciones de temperatura severas, el documento de patente 1 divulga una aleación para soldadura libre de plomo y similares compuesta por Ag: del 1 al 4 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Sb: del 1 al 5 % en masa, Ni: del 0,01 al 0,2 % en masa, siendo el resto Sn.

**Lista de referencias**

55 **Bibliografía de patentes**

Documento de patente 1: WO2014/163167

**Sumario de la invención**

60 **Problema que va a resolverse mediante la invención**

65 Por otro lado, en la parte de junta de soldadura, se ha observado un fenómeno denominado "desprendimiento" en el que la capa de aleación se desprende de la superficie de contacto mediante un tratamiento de envejecimiento. Este fenómeno denominado "desprendimiento" significa que cuando se aplica un tratamiento térmico proporcionado (temperatura y tiempo) a la parte de junta, se desprende una capa de IMC originalmente formada (capa de

compuesto intermetálico) en la masa de soldadura. Cuando la aleación para soldadura contiene Ni en la misma como en el documento de patente 1, es más probable que se produzca “desprendimiento”. La corriente eléctrica es un flujo de electrones y, por tanto, la cantidad aumentada de “desprendimiento” de un compuesto intermetálico de este tipo bloquea localmente la transferencia de electrones, afectando de ese modo de manera adversa a la calidad acústica (generando ruidos). Además, los inventores han confirmado que en el caso en el que la aleación contenga Ni, el tamaño de partícula de la aleación se hace más fino. Se supone que el tamaño de partícula del compuesto intermetálico se hace más fino tal como se describe, provocando de ese modo más fácilmente “desprendimiento”.

La presente invención proporciona una aleación para soldadura y similares que puede impedir efectos adversos sobre la calidad acústica, mediante la supresión o similar del desprendimiento de compuestos en la aleación en el caso de refusión de una junta o la aplicación de una carga de alta temperatura, mientras que se logran mayores características de ciclo térmico que anteriormente.

### Solución para resolver el problema

Una aleación para soldadura según la presente invención comprende Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa, y siendo el resto Sn.

La aleación para soldadura según la presente invención puede comprender además del 0,002 al 0,250 % en masa de As.

En la aleación para soldadura según la presente invención, la suma de un valor del % en masa de Fe y un valor de tres veces el % en masa de Co es de 0,03 a 0,10.

La aleación para soldadura según la presente invención puede comprender además del 0,004 al 0,250 % en masa de Zr.

Según la presente invención, se proporciona una pasta de soldadura que tiene un polvo de soldadura que es la aleación para soldadura según una cualquiera de las aleaciones para soldadura anteriores y un fundente.

Según la presente invención, se proporcionan una bola de soldadura y una preforma de soldadura que son la aleación para soldadura según una cualquiera de las aleaciones para soldadura anteriores.

Según la presente invención, se proporcionan una junta de soldadura, un circuito electrónico en el vehículo y un circuito electrónico de ECU que tienen una cualquiera de las aleaciones para soldadura anteriores.

Según la presente invención, se proporciona un dispositivo de circuito electrónico en el vehículo que incluye el circuito electrónico en el vehículo anterior.

Según la presente invención, se proporciona un dispositivo de circuito electrónico de ECU que incluye el circuito electrónico de ECU.

Al adoptar una aleación para soldadura que comprende Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa y siendo el resto Sn como en la presente invención, es posible proporcionar una aleación para soldadura y similares que puede impedir los efectos adversos sobre la calidad acústica, mediante la supresión o similar del desprendimiento de compuestos en la aleación en el caso de refusión de una junta o la aplicación de una carga de alta temperatura, mientras que se logran mayores características de ciclo térmico. Al adoptar una aleación para soldadura que comprende además del 0,004 al 0,250 % en masa de As, es posible proporcionar una aleación para soldadura y similares que suprime la generación de huecos y mejora la calidad acústica.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una imagen que muestra el resultado de una observación transversal en el ejemplo 1.

La figura 2 es una imagen que muestra el resultado de una a observación transversal en el ejemplo comparativo 12.

La figura 3 es una imagen que muestra el resultado de una observación a través de un dispositivo de calentamiento por rayos X en el ejemplo 14.

La figura 4 es una imagen que muestra el resultado de una observación a través de un dispositivo de calentamiento por rayos X en el ejemplo 1.

La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un método para calcular una tasa de grietas.

La figura 6 es un diagrama conceptual para explicar el “desprendimiento” que puede producirse en una aleación para soldadura que contiene Ni.

**Realización para llevar a cabo la invención**

5

**1. Aleación para soldadura**

10

La aleación para soldadura según la presente realización es normalmente una aleación para soldadura libre de plomo. A continuación en el presente documento, se describirán los elementos incluidos en la aleación para soldadura según la presente realización.

(1) Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa

15

La Ag tiene el efecto de mejorar la humectabilidad de la aleación para soldadura, y puede provocar la precipitación de una red de compuestos intermetálicos de  $Ag_3Sn$  en la matriz de soldadura para mejorar las características de ciclo térmico. Cabe señalar que la “característica de ciclo térmico” en la presente realización significa una característica en una TCT (prueba de ciclos térmicos).

20

Si el contenido de Ag supera el 4 % en masa, puede producirse el problema de aumento de la temperatura de línea de liquidus de la aleación para soldadura. Cuando aumenta la temperatura de línea de liquidus tal como se describió anteriormente, puede producirse el problema de obstaculizar el efecto de producir SnSb más fino sin producir una disolución de resólidos de Sb. Por otro lado, si el contenido de Ag es del 3 % en masa o menos, puede producirse el problema de provocar que la red bloquee la transferencia de moléculas (conducción de sonidos) sin el fenómeno de dispersión de los compuestos de  $Ag_3Sn$  en la aleación. El contenido de Ag de desde el 3,1 hasta el 4,0 % en masa, que es ligeramente hipereutéctico, es una cantidad de modo que se produce  $Ag_3Sn$  pero no se forma ninguna red. El límite inferior del contenido de Ag es preferiblemente del 3,3 % en masa. El límite superior del contenido de Ag es preferiblemente del 3,5 % en masa.

25

(2) Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa

30

El Cu puede impedir la corrosión de Cu de las tierras de Cu y reducir el punto de fusión de la aleación para soldadura.

35

Si el contenido de Cu supera el 0,8 % en masa, puede producirse el problema del aumento de la temperatura de línea de liquidus de la aleación para soldadura. Por otro lado, si el contenido de Cu es de menos del 0,6 % en masa, avanza la formación de la capa de aleación (se suprime la difusión de Cu y Ni en el electrodo mediante la inclusión de Cu en la soldadura) y, por tanto, puede producirse el problema del deterioro de la estructura. El límite inferior del contenido de Cu es preferiblemente del 0,65 % en masa. El límite superior del contenido de Cu es preferiblemente del 0,75 % en masa.

40

(3) Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa y Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa

45

En una prueba de ciclos térmicos, el Sb está presente como disolución de sólidos en Sn a 150 °C, y con una disminución de la temperatura, el Sb en la matriz de Sn se sobresatura gradualmente como disolución de sólidos, y a -55 °C, forma una estructura que precipita como compuesto intermetálico de SnSb. Por tanto, la aleación para soldadura puede presentar excelentes características de ciclo térmico.

50

Si el Sb es de menos del 1,0 % en masa, puede producirse el problema de producir un efecto insuficiente en las características de ciclo térmico. Por otro lado, si el Sb supera el 6,0 % en masa, aumentará la cantidad del compuesto, se producirá un compuesto más grueso y puede producirse el problema del deterioro de la estructura.

55

El Bi puede mejorar adicionalmente las características de ciclo térmico. El Sb no sólo provoca que el compuesto intermetálico de SnSb precipite para formar una aleación reforzada por precipitación-dispersión, sino que también tiene el efecto de entrar en la red cristalina de Sn y reemplazar el Sn para deformar la red cristalina de Sn, mejorando de ese modo las características de ciclo térmico. En este caso, cuando la aleación para soldadura contiene Bi, el Bi, que tiene mayor peso atómico y mayor efecto de deformar la red cristalina que el Sb, se reemplaza por Sb, permitiendo así que se mejoren adicionalmente las características de ciclo térmico. Además, el Bi no interferirá con la formación de compuestos de SnSb finos, manteniendo de eso modo la aleación para soldadura reforzada por precipitación-dispersión.

60

Si el contenido de Bi supera el 5,5 % en masa, disminuirá la ductilidad de la propia aleación para soldadura, haciendo de ese modo que la aleación sea dura y frágil y, por tanto, puede producirse el problema del deterioro de las características de ciclo térmico. Por otro lado, si el contenido de Bi es de menos del 1,5 % en masa, es menos probable que se sustituya el Sb, es menos probable que se produzca un efecto de mejora del ciclo térmico, disminuye la cantidad de compuestos intermetálicos de SnSb finos y, por tanto, puede producirse el problema de no conseguir el efecto de mejora del ciclo térmico. El límite inferior del contenido de Bi es preferiblemente del 2,0 % en

65

masa, más preferiblemente del 2,8 % en masa. El límite superior del contenido de Bi es preferiblemente del 5,2 % en masa.

5 El límite inferior del contenido de Sb es preferiblemente del 2,0 % en masa, más preferiblemente del 2,8 %. El límite superior del contenido de Sb es preferiblemente del 5,2 % en masa. Cabe señalar que el caso del contenido de Sb en un exceso del 4,0 % en masa es incluso más preferido ya que puede lograrse alta resistencia del ciclo térmico.

(4) Co: del 0,001 al 0,030 % en masa

10 Al contener Co, los granos cristalinos de Sn son más finos y se mejoran las características de ciclo térmico. Sin embargo, si se incluye Co para que sea de más del 0,030 % en masa, aumentará excesivamente la cantidad del compuesto, se producirá un compuesto más grueso y puede producirse el problema del deterioro de la estructura. Por otro lado, si se incluye Co para que sea sólo de menos del 0,001 % en masa, puede producirse el problema de producir un efecto de mejora insuficiente para las características de ciclo térmico. El límite inferior del contenido de Co es preferiblemente del 0,004 % en masa, más preferiblemente del 0,006 % en masa. El límite superior del contenido de Co es preferiblemente del 0,020 % en masa, más preferiblemente del 0,010 % en masa.

(5) Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa

20 Al contener Fe, los granos cristalinos de Sn son más finos y se mejoran las características de ciclo térmico. Si se incluye Fe para que sea de más del 0,05 % en masa, aumentará excesivamente la cantidad del compuesto, se producirá un compuesto más grueso y puede producirse el problema del deterioro de la estructura. Por otro lado, si se incluye Fe para que sea sólo de menos del 0,02 % en masa, puede producirse el problema de producir un efecto de mejora insuficiente para las características de ciclo térmico. El límite inferior del contenido de Fe es preferiblemente del 0,023 % en masa. El límite superior del contenido de Fe es preferiblemente del 0,040 % en masa, más preferiblemente del 0,030 % en masa. Además, los inventores han confirmado que la sustitución con Fe en lugar de Ni puede mejorar las características de ciclo térmico y garantizar la fiabilidad mecánica. Es más probable que se genere "desprendimiento" en el caso de usar Ni, mientras que es menos probable que se genere "desprendimiento" en el caso de usar Fe sin usar Ni. Esto se confirma, tal como se describirá más adelante, por el hecho de que la razón de compuestos a base de CuSn en la región correspondiente en el ejemplo 1 era del 0,0 %, mientras que la razón de compuestos a base de CuSnNi en la región correspondiente en el ejemplo comparativo 12 era del 8,7 %. Por tanto, se controla el propio "desprendimiento" tal como se describió anteriormente, haciendo de ese modo posible impedir la degradación de la calidad acústica con tiempo, y haciendo posible garantizar la calidad como circuito eléctrico. Cabe señalar que la figura 6 es un diagrama que ilustra un aspecto en el que se genera "desprendimiento" en el caso de contener Ni, que ilustra un aspecto en el que una capa de aleación se desprende como tal y un aspecto en el que una capa de aleación se dispersa y se desprende. En la figura 6, como un ejemplo, una tierra 20 de Cu se proporciona sobre un sustrato 30, y se proporciona una aleación 10 para soldadura sobre la tierra 20 de Cu.

40 (6) As: del 0,002 al 0,250 % en masa

En el caso de emplear un aspecto en el que la aleación para soldadura contiene As, puede obtenerse un efecto de supresión de engrosamiento. El límite inferior del contenido de As contenido es beneficiosamente del 0,002 % en masa para producir suficientemente el efecto de contener As. Por otro lado, el límite superior del contenido de As es beneficiosamente del 0,250 % en masa, porque la humectabilidad puede degradarse si el As supera el 0,250 % en masa. Además, contener del 0,002 al 0,250 % en masa de As puede suprimir la generación de huecos e impedir que se degraden las características de ciclo térmico. Entonces, suprimir la generación de huecos tal como se describió anteriormente puede reducir factores que bloquean el flujo de electrones y también impedir que se degrade la calidad acústica.

50 (7) Zr: del 0,004 al 0,250 %

En el caso de emplear un aspecto en el que la aleación para soldadura contiene Zr, puede obtenerse un efecto de supresión de engrosamiento. El límite inferior del contenido de Zr contenido es beneficiosamente del 0,004 % en masa para producir suficientemente el efecto de contener Zr. Por otro lado, el límite superior del contenido de Zr es beneficiosamente del 0,250 % en masa, porque la humectabilidad puede degradarse si el Zr supera el 0,250 % en masa. Además, contener del 0,004 al 0,250 % en masa de Zr puede suprimir la generación de huecos e impedir que se degraden las características de ciclo térmico. Entonces, suprimir la generación de huecos tal como se describió anteriormente puede reducir factores que bloquean el flujo de electrones y también impedir que se degrade la calidad acústica.

(8) Resto: Sn

65 El resto de la aleación para soldadura según la presente invención es Sn. El término "aleación para soldadura compuesta por...", y siendo el resto Sn" en la presente solicitud puede contener impurezas inevitables además de los elementos enumerados en "...". Además, incluso en el caso de contener impurezas inevitables, no se verá afectado

el efecto descrito anteriormente.

## 2. Pasta de soldadura

5 La pasta de soldadura según la presente invención incluye un fundente y un polvo de soldadura.

### (1) Componente de fundente

10 El fundente para su uso en la pasta de soldadura es cualquiera de ácidos orgánicos, aminas, hidroháluros de amina, compuestos orgánicos halogenados, agentes tixotrópicos, colofonias, disolventes, tensioactivos, compuestos poliméricos, agentes de acoplamiento de silano y colorantes, o está compuesto por una combinación de dos o más de los mismos.

15 Los ejemplos de los ácidos orgánicos incluyen un ácido succínico, un ácido glutárico, un ácido adípico, un ácido pimélico, un ácido subérico, un ácido azelaico, un ácido sebáico, un ácido dímero, un ácido propiónico, un ácido 2,2-bishidroximetilpropiónico, un ácido tartárico, un ácido málico, un ácido glicólico, un ácido diglicólico, un ácido tioglicólico, un ácido ditioglicólico, un ácido esteárico, un ácido 12-hidroxiesteárico, un ácido palmítico y un ácido oleico.

20 Los ejemplos de las aminas incluyen una etilamina, una trietilamina, una etilendiamina, una trietilentetramina, un 2-metilimidazol, un 2-undecilimidazol, un 2-heptadecilimidazol, un 1,2-dimetilimidazol, un 2-etil-4-metilimidazol, un 2-fenilimidazol, un 2-fenil-4-metilimidazol, un 1-bencil-2-metilimidazol, un 1-bencil-2-fenilimidazol, un 1-cianoetil-2-metilimidazol, un 1-cianoetil-2-undecilimidazol, un 1-cianoetil-2-etil-4-metilimidazol, un 1-cianoetil-2-fenilimidazol, una trimerita de 1-cianoetil-2-undecilimidazol, una trimerita de 1-cianoetil-2-fenilimidazol, una 2,4-diamino-6-[2'-metilimidazolil-(1')]-etil-s-triazina, una 2,4-diamino-6-[2'-undecilimidazolil-(1')]-etil-s-triazina, una 2,4-diamino-6-[2'-etil-4'-metilimidazolil-(1')]-etil-s-triazina, un aducto de ácido isocianúrico de 2,4-diamino-6-[2'-metilimidazolil-(1')]-etil-s-triazina, un aducto de ácido isocianúrico de 2-fenilimidazol, un 2-fenil-4,5-dihidroximetilimidazol, un 2-fenil-4-metil-5-hidroximetilimidazol, un 2,3-dihidro-1H-pirrolol[1,2-a]bencimidazol, un cloruro de 1-dodecil-2-metil-3-bencilimidazol, una 2-metilimidazolina, una 2-fenilimidazolina, una 2,4-diamino-6-vinil-s-triazina, un aducto de ácido isocianúrico de 2,4-diamino-6-vinil-s-triazina, una 2,4-diamino-6-metacriloloxietil-s-triazina, un aducto de epoxiimidazol, un 2-metilbenzoimidazol, un 2-octilbenzoimidazol, un 2-pentilbenzoimidazol, un 2-(1-etilpentil)benzoimidazol, un 2-nonilbenzoimidazol, un 2-(4-tiazolil)benzoimidazol, un benzoimidazol, un 2-(2'-hidroxi-5'-metilfenil)benzotriazol, un 2-(2'-hidroxi-3'-terc-butil-5'-metilfenil)-5-clorobenzotriazol, un 2-(2'-hidroxi-3',5'-di-terc-amilfenil)benzotriazol, un 2-(2'-hidroxi-5'-terc-octilfenil)benzotriazol, un 2,2'-metilbis[6-(2H-benzotriazol-2-il)-4-terc-octilfenol], un 6-(2-benzotriazolil)-4-terc-octil-6'-terc-butil-4'-metil-2,2'-metilbisfenol, un 1,2,3-benzotriazol, un 1-[N,N-bis(2-ethylhexil)aminometil]benzotriazol, un carboxibenzotriazol, un 1-[N,N-bis(2-ethylhexil)aminometil]metilbenzotriazol, un 2,2'-[[metil-1H-benzotriazol-1-il]metil]imino]bisetanol, un 1-(1',2'-dicarboxietil)benzotriazol, un 1-(2,3-dicarboxipropil)benzotriazol, un 1-[(2-ethylhexilamino)metil]benzotriazol, un 2,6-bis[(1H-benzotriazol-1-il)metil]-4-metilfenol, un 5-metilbenzotriazol y un 5-feniltetrazol.

40 Los hidroháluros de amina son compuestos obtenidos haciendo reaccionar aminas con haluros de hidrógeno, y los ejemplos de las aminas incluyen una etilamina, una etilendiamina, una trietilamina, una difenilguanidina, una ditolilguanidina, un metilimidazol y un 2-etil-4-metilimidazol, y los ejemplos de los haluros de hidrógeno incluyen hidruros de cloro, bromo y yodo. Los ejemplos de los hidroháluros de amina incluyen sales de complejo de amina-trifluoruro de boro y tetrafluoroboratos de amina. Los ejemplos específicos de las sales de complejo de amina-trifluoruro de boro incluyen una sal de complejo de piperidina-trifluoruro de boro, y los ejemplos específicos de los tetrafluoroboratos de amina incluyen un tetrafluoroborato de ciclohexilamina y un tetrafluoroborato de dicitlohexilamina.

45 Los ejemplos de los compuestos orgánicos halogenados incluyen un trans-2,3-dibromo-2-buteno-1,4-diol, un isocianurato-6-bromuro de trialilo, un 1-bromo-2-butanol, un 1-bromo-2-propanol, un 3-bromo-1-propanol, un 3-bromo-1,2-propanodiol, un 1,4-dibromo-2-butanol, un 1,3-dibromo-2-propanol, un 2,3-dibromo-1-propanol, un 2,3-dibromo-1,4-butanodiol y un 2,3-dibromo-2-buteno-1,4-diol.

50 Los ejemplos de los agentes tixotrópicos incluyen agentes tixotrópicos a base de ceras, agentes tixotrópicos a base de amidas y agentes tixotrópicos a base de sorbitol. Los ejemplos de los agentes tixotrópicos a base de ceras incluyen aceites de ricino hidrogenados. Los ejemplos de los agentes tixotrópicos a base de amidas incluyen agentes tixotrópicos a base de monoamidas, agentes tixotrópicos a base de bisamidas y agentes tixotrópicos a base de poliamidas, y los ejemplos específicos de los mismos incluyen amidas de ácido láurico, amidas de ácido palmítico, amidas de ácido esteárico, amidas de ácido behénico, amidas de ácido hidroxiesteárico, amidas de ácidos grasos saturados, amidas de ácido oleico, amidas de ácido erúxico, amidas de ácidos grasos insaturados, amidas de p-toluenometano, amidas aromáticas, amidas de ácidos metilen-bisesteáricos, amidas de ácidos etilen-bisláuricos, amidas de ácidos etilen-bishidroxiesteáricos, bis-amidas de ácidos grasos saturados, amidas del ácido metileno-bisoleico, bisamidas de ácidos grasos insaturados, amidas del ácido m-xilileno-biesteárico, bisamidas aromáticas, poliamidas de ácidos grasos saturados, poliamidas de ácidos grasos insaturados, poliamidas aromáticas, amidas sustituidas, amidas del ácido metilolesteárico, metilolamidas y amidas de ésteres de ácidos

grasos. Los ejemplos de agentes tixotrópicos a base de sorbitol incluyen un dibenciliden-D-sorbitol y un bis(4-metilbenciliden)-D-sorbitol.

Los ejemplos de los tensioactivos incluyen tensioactivos no iónicos y tensioactivos catiónicos débiles.

Los ejemplos de los tensioactivos no iónicos incluyen polioxialquilenglicoles, polioxialquilenalquil éteres, ésteres de polioxialquilenol, polioxialquilenacetilenglicoles, polioxialquilenalquilamidas, por ejemplo, un polietilenglicol y un copolímero de polietilenglicol-polipropilenglicol, aductos de polioxietileno de alcohol alifático, aductos de polioxietileno de alcohol aromático, aductos de polioxietileno de alcohol polihidroxiado y polioxialquilengliceril éteres.

Los ejemplos de tensioactivos catiónicos débiles incluyen aductos de polioxialquilenol de amina alifática, aductos de polioxialquilenol de amina aromática, polialquilenglicoles de diamina terminal, por ejemplo, aductos de polioxietileno de amina alifática, aductos de polioxietileno de amina aromática, polietilenglicoles de diamina terminal de aducto de polioxietileno de amina polivalente y copolímeros de polietilenglicol-polipropilenglicol de diamina terminal.

Los ejemplos de colofonias incluyen colofonias de materia prima tales como una colofonia de goma, una colofonia de madera y una colofonia de aceite de bogol, y derivados obtenidos a partir de las colofonias de materia prima. Los ejemplos de derivados incluyen colofonias purificadas, colofonias hidrogenadas, colofonias desproporcionadas, colofonias polimerizadas y productos modificados con ácido carboxílico  $\alpha,\beta$  insaturado (colofonias acriladas, colofonias maleadas, colofonias fumarizadas, etc.) y productos purificados, productos hidrogenados y productos desproporcionados. de las colofonias polimerizadas y productos purificados, productos hidrogenados y productos desproporcionados de los productos modificados con ácido carboxílico  $\alpha,\beta$  insaturado, y pueden usarse dos o más de los mismos. Además, además de las resinas a base de colofonia pueden incluirse al menos una o más resinas seleccionadas de resinas de terpeno, resinas de terpeno modificadas, resinas de terpenofenol, resinas de terpenofenol modificadas, resinas de estireno, resinas de estireno modificadas, resinas de xileno y resinas de xileno modificadas. Como resinas de terpeno modificadas pueden usarse resinas de terpeno modificadas aromáticas, resinas de terpeno hidrogenadas, resinas de terpeno modificadas aromáticas hidrogenadas y similares. Como resinas de terpenofenol modificadas pueden usarse resinas de terpenofenol hidrogenadas y similares. Como resina de estireno modificada pueden usarse resinas de estireno acrílicas, resinas de estireno-ácido maleico y similares. Los ejemplos de resinas de xileno modificadas incluyen resinas de xileno modificadas con fenol, resinas de xileno modificadas con alquilfenol, resinas de xileno de tipo resol modificadas con fenol, resinas de xileno modificadas con poliol y resinas de xileno con adición de polioxietileno.

Los ejemplos del disolvente incluyen agua, disolventes a base de alcohol, disolventes a base de éter de glicol y terpineoles. Los ejemplos de los disolventes a base de alcohol incluyen un alcohol isopropílico, un 1,2-butanodiol, un isobornilciclohexanol, un 2,4-dietil-1,5-pentanodiol, un 2,2-dimetil-1,3-propanodiol, un 2,5-dimetil-2,5-hexanodiol, un 2,5-dimetil-3-hexano-2,5-diol, un 2,3-dimetil-2,3-butanodiol, un 1,1,1-tris(hidroximetil)etano, un 2-etil-2-hidroximetil-1,3-propanodiol, un 2,2'-oxibis(metilen)bis(2-etil-1,3-propanodiol), un 2,2-bis(hidroximetil)-1,3-propanodiol, un 1,2,6-trihidroxihexano, un bis[2,2,2-tris(hidroximetil)etil] éter, un 1-etinil-1-ciclohexanol, un 1,4-ciclohexanodiol, un 1,4-ciclohexanodimetanol, un eritritol, un treitol, un glicerol éter de guayacol, un 3,6-dimetil-4-octin-3,6-diol y un 2,4,7,9-tetrametil-5-decino-4,7-diol. Los ejemplos de los disolventes a base de éter de glicol incluyen un mono-2-etilhexil éter de dietilenglicol, un monofenil éter de etilenglicol, un 2-metilpentano-2,4-diol, un monohexil éter de dietilenglicol, un dibutil éter de dietilenglicol y un monobutil éter de trietilenglicol.

#### (2) Contenido de fundente

El contenido de fundente es preferiblemente del 5 al 95 % en masa, más preferiblemente del 5 al 15 % en masa, basándose en la masa total de la pasta de soldadura. Dentro de este intervalo, se produce suficientemente el efecto de supresión de engrosamiento derivado del polvo de soldadura.

#### (3) Polvo de soldadura

El polvo de soldadura para su uso en la pasta de soldadura según la presente invención es preferiblemente un polvo esférico. El polvo esférico mejora la fluidez de la aleación para soldadura.

Además, en el caso en el que la aleación para soldadura sea un polvo esférico, se permite la soldadura de componentes finos cuando el polvo tienen tamaños (distribución de tamaño de partícula) correspondientes a los símbolos 1 a 8 en la clasificación de tamaño de polvo (tabla 2) según la norma JIS Z 3284-1:2014. El tamaño del material de soldadura particulado es más preferiblemente los tamaños correspondientes a los símbolos 4 a 8, más preferiblemente los tamaños correspondientes a los símbolos 5 a 8.

#### (4) Método para producir la pasta de soldadura

La pasta de soldadura según la presente invención se produce mediante un método que es habitual en la técnica. En primer lugar, para la producción del polvo de soldadura, pueden emplearse métodos conocidos, tales como un método de goteo de hacer gotear un material de soldadura fundido para obtener partículas, un método de

5 pulverización de pulverizar de manera centrífuga el material, y un método de triturar un material de soldadura a granel. En el método de goteo o el método de pulverización, el goteo o la pulverización se lleva a cabo preferiblemente en una atmósfera inerte o un disolvente para formar partículas. Luego, cada uno de los componentes mencionados anteriormente pueden calentarse y mezclarse para preparar un fundente, y el polvo de soldadura mencionado anteriormente puede introducirse en el fundente, y agitarse y mezclarse para la producción.

### 3. Bola de soldadura

10 La aleación para soldadura según la presente invención puede usarse como bola de soldadura. En el caso de usar la aleación para soldadura como bola de soldadura, la bola de soldadura puede producirse a partir de la aleación para soldadura según la presente invención usando un método de goteo que es un método habitual en la técnica. Además, puede producirse una junta de soldadura procesando la bola de soldadura mediante un método que es habitual en la técnica, tal como el montaje y luego la unión de una bola de soldadura en un electrodo recubierto con el fundente. El tamaño de partícula de las bolas de soldadura es preferiblemente de 1  $\mu\text{m}$  o más, más preferiblemente de 10  $\mu\text{m}$  o más, incluso más preferiblemente de 20  $\mu\text{m}$  o más, de manera particularmente preferible de 30  $\mu\text{m}$  o más. El límite superior del tamaño de partícula de la bola de soldadura es preferiblemente de 3000  $\mu\text{m}$  o menos, más preferiblemente de 1000  $\mu\text{m}$  o menos, incluso más preferiblemente de 800  $\mu\text{m}$  o menos, de manera particularmente preferible de 600  $\mu\text{m}$  o menos.

### 20 4. Preforma de soldadura

La aleación para soldadura según la presente invención puede usarse como preforma. Los ejemplos de la forma de la preforma incluyen arandelas, anillos, gránulos, discos, cintas y alambres.

### 25 5. Junta de soldadura

30 La aleación para soldadura según la presente invención puede formar una junta de soldadura uniendo un electrodo de un PKG (paquete) tal como un chip de CI y un electrodo de un sustrato tal como una PCB (placa de circuito impreso). La junta de soldadura según la presente invención está compuesta por un electrodo y una parte de junta de soldadura. La parte de junta de soldadura se refiere principalmente a una parte formada a partir de la aleación para soldadura.

### 35 6. Circuito electrónico en el vehículo, circuito electrónico de ECU, dispositivo de circuito electrónico en el vehículo, dispositivo de circuito electrónico de ECU

40 La aleación para soldadura según la presente invención, tal como resulta evidente a partir de la descripción anterior, tiene un excelente rendimiento de ciclo térmico, suprimiendo de ese modo la generación y propagación de grietas en la aleación para soldadura. Por este motivo, no se promoverá el crecimiento y desarrollo de grietas ni siquiera cuando la aleación para soldadura se use para automóviles en uso aunque esté constantemente sometida a vibraciones, es decir, para aplicaciones en el vehículo. Por consiguiente, se determina que la aleación para soldadura según la presente invención es particularmente adecuada para soldar circuitos electrónicos montados en automóviles, porque la aleación para soldadura tiene tales características particularmente destacables.

45 Tal como se usa en la presente memoria descriptiva, "que tiene excelente rendimiento de ciclo térmico" significa que incluso cuando se realiza una prueba de ciclos térmicos a  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  o menos y  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  o más tal como se muestra en los ejemplos descritos a continuación, la tasa de generación de grietas después de 3000 ciclos es de menos del 90 %, y la tasa de resistencia a la cizalladura residual después de los 3000 ciclos es del 60 % o más.

50 Tales características significan que incluso en uso en condiciones extremadamente severas tales como la prueba de ciclos térmicos mencionada anteriormente, el circuito electrónico en el vehículo no experimentará ninguna rotura, es decir, no quedará inutilizable ni tendrá un mal funcionamiento. Además, la aleación para soldadura según la presente invención tiene una excelente tasa de resistencia a la cizalladura residual después del lapso del ciclo térmico. Más específicamente, incluso en uso durante un periodo largo de tiempo, la resistencia a fuerzas externas tal como la resistencia a la cizalladura no disminuirá frente a las fuerzas externas aplicadas externamente, tales como colisiones y vibraciones.

55 Tal como se describió anteriormente, la aleación para soldadura según la presente invención se usa más particularmente para soldar circuitos electrónicos en el vehículo o para soldar circuitos electrónicos de ECU, produciendo de ese modo un excelente rendimiento de ciclo térmico.

60 El "circuito electrónico" es un sistema (sistema) que cumple una función objetivo como conjunto en la combinación electrónica de múltiples componentes electrónicos que tienen, cada uno, una función.

65 Los ejemplos de los componentes electrónicos que constituyen un circuito electrónico de este tipo incluyen un componente de resistencia de chip, un componente de resistencia múltiple, un QFP, un QFN, un transistor de

potencia, un diodo y un condensador. El circuito electrónico con estos componentes electrónicos integrados se proporciona sobre un sustrato para constituir un dispositivo de circuito electrónico.

En la presente invención, el sustrato que constituye un dispositivo de circuito electrónico de este tipo, por ejemplo, una placa impresa de cableado, no está particularmente limitado. El material del mismo tampoco está particularmente limitado, pero los ejemplos del material incluyen un sustrato de plástico resistente al calor (por ejemplo, FR-4 con alta Tg y bajo CTE). La placa impresa de cableado es preferiblemente una placa de circuito impreso que tiene una superficie de tierra de Cu tratada con una sustancia orgánica (OSP: protección de superficie orgánica) tal como una amina o un imidazol.

## 7. Método para formar la aleación para soldadura

El método para producir la aleación para soldadura según la presente invención no está limitado, y puede producirse mediante fusión y mezclado de los metales de materias primas.

La aleación para soldadura según la presente invención puede producir una aleación que tiene baja emisión de rayos  $\alpha$  usando un material que tiene baja emisión de rayos  $\alpha$  como materia prima para la misma. Una aleación que tiene baja emisión de rayos  $\alpha$  de este tipo puede hacer posible reducir errores leves cuando la aleación se usa para formar protuberancias de soldadura alrededor de una memoria.

## Ejemplos

### 1. Calidad acústica

El desprendimiento del compuesto intermetálico en la masa provoca una falta de homogeneidad local de flujo de electrones (densidad de corriente), que afecta de manera adversa a la calidad acústica. La cantidad del compuesto intermetálico producido aumenta mediante múltiples montajes (procedimiento de fusión y solidificación de la soldadura múltiples veces) y envejecimientos. Se sabe que el Ni usado convencionalmente tiene el efecto de hacer la superficie de contacto unida más fina, pero el efecto promueve el desprendimiento, disminuyendo así la calidad acústica.

Los polvos de las respectivas aleaciones para soldadura mostradas en las tablas 1 y 2 descritas a continuación se prepararon mediante un método de atomización. Los polvos de las aleaciones se mezclaron con un fundente que contiene trementina, un disolvente, un agente tixotrópico, un ácido orgánico, y similares ("GLV" de SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.) y se convirtieron en pastas para preparar pastas de soldadura. Se aplicaron cada una de las pastas de soldadura mediante impresión de pasta con una máscara metálica de 150  $\mu\text{m}$  sobre una tierra de Cu (capa de Ni y capa de Au laminadas en este orden sobre la superficie del Cu) de una placa impresa de seis capas (FR-4, Cu-OSP), luego se montó una resistencia de chip 3216 con un montador. Después de eso, se repitió cinco veces el procedimiento (reflujo) de fusión y solidificación en las condiciones de una temperatura máxima de 245 °C durante un tiempo de retención de 40 segundos para preparar un sustrato de prueba.

Después de eso, se cortó el sustrato, se pulió y se sometió a una observación transversal. A este respecto, la superficie de contacto unida de una parte de resalte se amplió 3000 veces y se observó. Se calcularon el área total y el área del compuesto a base de CuSn con el uso de software de análisis de imágenes. Se usó Scandium como software de análisis de imágenes. Se calculó la razón de área (%) del compuesto a base de CuSn =  $\text{área del compuesto a base de CuSn} \times 100 / \text{área total}$ .

Más específicamente, se prepararon cinco muestras para cada uno de los ejemplos y los ejemplos comparativos, y se observó cada una en una región de 5 a 15  $\mu\text{m}$  desde la capa de aleación y la superficie de contacto de tratamiento superficial (la región mostrada como "región objeto" en las figuras 1 y 2). El caso en el que el valor promedio de las razones de área del compuesto a base de CuSns desprendido de las superficies de contacto unidas (el valor promedio para las cinco muestras) era de menos del 1 % se consideró "○" (bueno), mientras que el caso en el que el valor promedio de las razones de área del compuesto a base de CuSns (el valor promedio para las cinco muestras) era del 1 % o más se consideró "x" (defectuoso). La figura 1 es una imagen según el ejemplo 1, en la que la razón del compuesto a base de CuSn era del 0,0 % en la región correspondiente. La figura 2 es una imagen según el ejemplo comparativo 12, en la que la razón del compuesto a base de CuSnNi era del 8,7 % en la región correspondiente.

### 2. Prueba de ciclos térmicos (TCT)

#### (1-1) Fiabilidad de grietas (tasa de grietas)

Añadir Ni y Co al mismo tiempo como en las técnicas convencionales hace los granos cristalinos de Sn más finos y mejora las características de ciclo térmico. La aleación para soldadura no contiene Ni según la presente realización, disminuyendo así el efecto anterior, pero las diligentes investigaciones de los inventores han hallado que la adición

de Fe logra el efecto de hacer los granos cristalinos de Sn más finos, sin contribuir a la superficie de contacto unida (es decir, sin degradar la calidad acústica).

5 Se prepararon pastas de soldadura mediante el mismo método tal como se describió anteriormente en "1. Calidad acústica". Se aplicaron cada una de las pastas de soldadura mediante impresión de pasta con una máscara metálica de 150 μm en una placa impresa de seis capas (FR-4, Cu-OSP), y luego se montó una resistencia de chip 3216 con un montador. Después de eso, se realizó reflujo en las condiciones de una temperatura máxima de 245 °C durante un tiempo de retención de 40 segundos, y se realizó la soldadura para preparar un sustrato de prueba.

10 Se colocó el sustrato de prueba soldado con cada una de las aleaciones para soldadura en un medidor de ciclos térmicos ajustado en las condiciones de baja temperatura: -55 °C, alta temperatura: +150 °C y tiempo de retención: 15 minutos, y después 3000 ciclos, se extrajo del medidor de ciclos térmicos en cada una de las condiciones, se observaron las condiciones de las grietas mediante un aumento de 3000 veces y se estimó la longitud total de la grieta para medir la tasa de grietas.

15 Tasa de grietas (%) = (longitud total de grietas) × 100/(longitud de grietas de línea total esperada)

20 La "longitud de grietas de línea total esperada" en el presente documento se refiere a la longitud de grietas de una rotura completa. La tasa de grietas es la tasa obtenida dividiendo la longitud total de las múltiples grietas L2 mostrada en la figura 5 entre la longitud de una trayectoria de desarrollo de grieta esperada L1. Se prepararon cinco muestras para cada uno de los ejemplos y los ejemplos comparativos, y se calculó el valor promedio de las tasas de grietas. El caso en el que el valor promedio de las tasas de grietas era de menos del 90 % se determinó como "bueno" con fiabilidad de grietas, mientras que el caso en el que el valor promedio de las tasas de grietas era del 90 % o más se determinó como "defectuoso" sin fiabilidad de grietas. La figura 5 muestra un aspecto en el que se proporciona una tierra 20 de Cu sobre un sustrato 30 y se proporciona un componente 40 electrónico sobre la tierra 20 de Cu con una aleación 10 para soldadura interpuesta entre los mismos. Además, el número de referencia 15 en la figura 5 indica una capa de compuesto intermetálico.

30 (1-2) Fiabilidad de resistencia a la cizalladura (tasa de resistencia a la cizalladura residual)

La fiabilidad de resistencia a la cizalladura es un índice de cuánta resistencia se mantiene en la prueba de ciclos térmicos con respecto a la resistencia a la cizalladura de la junta de soldadura en el estado inicial antes de la prueba de ciclos térmicos.

35 Se sometieron las muestras respectivas mencionadas anteriormente después de los 3000 ciclos (las cinco muestras para cada uno de los ejemplos y los ejemplos comparativos) a una prueba de resistencia a la cizalladura en las condiciones de velocidad de prueba: 6 mm/min y altura de prueba: 50 μm a 25 °C con el uso de un medidor de resistencia de juntas STR-5100. Se determinó la tasa de resistencia a la cizalladura residual (%) mediante (resistencia a la cizalladura después de la prueba de ciclos térmicos) × 100/(resistencia a la cizalladura inicial). En los presentes ejemplos, el caso en el que el valor promedio de la tasa de resistencia a la cizalladura residual era del 60 % o más se consideró "bueno" con fiabilidad de resistencia a la cizalladura, mientras que el caso en el que el valor promedio era de menos del 60 % se consideró no "bueno", porque la fiabilidad de resistencia a la cizalladura no era alta.

45 El caso en el que el valor promedio de las tasas de grietas era del 90 % o más y la tasa de resistencia a la cizalladura residual era de menos del 60 % se muestra como "x" en las tablas 1 y 2 a continuación, y el caso en el que el valor promedio de las tasas de grietas era de menos del 90 % y la tasa de resistencia a la cizalladura residual era del 60 % o más se muestra como "⊙" en las tablas 1 y 2 a continuación. El caso en el que el valor promedio de las tasas de grietas era de menos del 90 %, pero la tasa de resistencia a la cizalladura residual era de menos del 60 %, se muestra como "○" en las tablas 1 y 2 a continuación. Además, se ha confirmado con éxito que la tasa de resistencia a la cizalladura residual es del 60 % o más en el caso en el que la suma (Fe + 3 × Co) del valor del % en masa de Fe y el valor de tres veces el % en masa de Co es de 0,03 a 0,10.

55 3. Hueco

La parte hueca de los huecos no sólo degrada las características de ciclo térmico, sino que también afecta de manera adversa a la calidad acústica, porque se bloquea físicamente el flujo de electrones. Añadir una pequeña cantidad de As reduce el cambio del material de soldadura con el tiempo, haciendo de ese modo posible impedir que el material se engrose después de un prensado continuo. Se ha confirmado con éxito que la prevención del engrosamiento tal como se describió anteriormente conduce a una reducción de huecos.

65 Se prepararon pastas de soldadura mediante el mismo método tal como se describió anteriormente en "1. Calidad acústica". Después de aplicarse la pasta de soldadura mediante impresión de pasta con una máscara metálica de 150 μm en una placa impresa de una sola cara (FR-4, Cu-OSP) de 1,6 mm de grosor, se montó un QFN con una parte de electrodo chapado con Sn de 5 mm × 5 mm y el conjunto de 8 mm × 8 mm en una vista en planta con un

montador. Después de eso, se realizó el reflujó en las condiciones de una temperatura máxima de 245 °C durante un tiempo de retención de 40 segundos, y se realizó la soldadura para preparar un sustrato de prueba.

Se midió la razón de huecos con el uso de un dispositivo de calentamiento por rayos X (TUX-3200).

Razón de huecos (%) = (área de huecos) × 100/(área total) (5 mm × 5 mm en los presentes ejemplos)

Se prepararon cinco muestras para cada uno de los ejemplos 1 y 14, y se calculó el valor promedio de las razones de huecos. El caso en el que el valor promedio de las razones de huecos era del 5 % o menos se determinó como que era bajo en cuanto a razón de huecos, y se muestra mediante “⊙” en la tabla 1. El caso en el que el valor promedio de las razones de huecos superaba el 5 % se determinó como que no era bajo en cuanto a razón de huecos, y se muestra mediante “○” en la tabla 1. La figura 3 es una imagen según el ejemplo 14, con una baja razón de huecos. La figura 4 es una imagen según el ejemplo 1, con una mayor razón de huecos en comparación con el ejemplo 14. Cabe señalar que las líneas discontinuas en las figuras 3 y 4 muestran las formas exteriores de los QFN de 8 mm × 8 mm, y las imágenes mostradas en negro corresponden a las partes de electrodo de 5 mm × 5 mm.

Tal como se muestra en la tabla 1 a continuación, se ha confirmado con éxito que las aleaciones para soldadura que cumplen los requisitos de Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa, y siendo el resto Sn, o Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe : del 0,02 al 0,05 % en masa, As: del 0,004 al 0,250 % en masa, y siendo el resto Sn, se consideran “○” en cuanto a calidad acústica y se consideran “⊙” o “○” en el resultado de la prueba de ciclos térmicos (TCT).

[Tabla 1]

	Composición de soldadura (% en masa)									Fórmula	Estructura (acústica)	TCT	Hueco
	Sn	Ag	Cu	Bi	Sb	Co	Fe	As	Ni				
Ejemplo 1	resto	3,4	0,7	3,2	3	0,008	0,025	-	-	0,049	○	⊙	○
Ejemplo 2	resto	3,1	0,7	3,9	3,2	0,006	0,028	-	-	0,046	○	⊙	-
Ejemplo 3	resto	4,0	0,8	2,9	3	0,01	0,03	-	-	0,060	○	⊙	-
Ejemplo 4	resto	3,5	0,6	4,2	5	0,008	0,025	-	-	0,049	○	⊙	-
Ejemplo 5	resto	3,4	0,8	3	3,6	0,01	0,024	-	-	0,054	○	⊙	-
Ejemplo 6	resto	3,3	0,7	1,5	4,2	0,01	0,026	-	-	0,056	○	⊙	-
Ejemplo 7	resto	3,3	0,7	5,5	2,8	0,006	0,026	-	-	0,044	○	⊙	-
Ejemplo 8	resto	3,5	0,7	4,8	1,0	0,008	0,025	-	-	0,049	○	⊙	-
Ejemplo 9	resto	3,5	0,7	2,8	6,0	0,01	0,028	-	-	0,058	○	⊙	-
Ejemplo 10	resto	3,4	0,6	2,8	3	0,001	0,025	-	-	0,028	○	○	-
Ejemplo 11	resto	3,3	0,7	3,4	2,8	0,03	0,027	-	-	0,117	○	○	-
Ejemplo 12	resto	3,4	0,7	4	3,2	0,01	0,02	-	-	0,050	○	⊙	-
Ejemplo 13	resto	3,3	0,8	3,6	3,2	0,01	0,05	-	-	0,080	○	⊙	-
Ejemplo 14	resto	3,5	0,7	3,8	2,8	0,008	0,026	0,004	-	0,050	○	⊙	⊙
Ejemplo 15	resto	3,5	0,7	3,4	2,8	0,002	0,02	-	-	0,026	○	○	-

Además, se ha confirmado con éxito que el resultado de la prueba de ciclos térmicos (TCT) se considera “⊙”, que es incluso mejor, en el aspecto en el que la suma (Fe + 3 × Co) del valor del % en masa de Fe y el valor de tres veces el % en masa de Co (mostrado como “Fórmula” en las tablas 1 y 2) es de 0,03 a 0,1.

Tal como se muestra en la tabla 2 a continuación, se ha confirmado con éxito que en el caso de las aleaciones para soldadura que no cumplen los requisitos de Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa, y siendo el resto Sn, y Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe : del 0,02 al 0,05 % en masa, As: del 0,004 al 0,25 % en masa, y siendo el resto Sn, la calidad acústica se considera “x”, o el resultado de la prueba de ciclos térmicos (TCT) se considera “x”.

[Tabla 2]

	Composición de soldadura (% en masa)									Fórmula	Estructura (acústica)	TCT
	Sn	Ag	Cu	Bi	Sb	Co	Fe	As	Ni			
Ejemplo comparativo 1	resto	3,0	0,7	3,2	3	0,008	0,024	-	-	0,048	x	-
Ejemplo comparativo 2	resto	3,4	0,5	5	1	0,008	0,025	-	-	0,049	x	-
Ejemplo comparativo 3	resto	3,4	0,7	1,0	3	0,008	0,026	-	-	0,050	○	x
Ejemplo comparativo 4	resto	3,5	0,7	6,0	5	0,01	0,024	-	-	0,054	○	x
Ejemplo comparativo 5	resto	3,4	0,6	2	0,5	0,008	0,024	-	-	0,048	○	x
Ejemplo comparativo 6	resto	3,3	0,7	2	7,0	0,01	0,026	-	-	0,056	x	-
Ejemplo comparativo 7	resto	3,4	0,8	2	2	0,0	0,025	-	-	0,025	○	x
Ejemplo comparativo 8	resto	3,6	0,7	3,2	3	0,2	0,026	-	-	0,626	x	-
Ejemplo comparativo 9	resto	3,4	0,7	2	2	0,008	0,0	-	-	0,024	○	x
Ejemplo comparativo 10	resto	3,3	0,8	3,2	3	0,01	0,2	-	-	0,230	x	-
Ejemplo comparativo 11	resto	3,4	0,7	5	6	0,02	0,025	-	0,01	0,085	x	-
Ejemplo comparativo 12	resto	3	0,7	3,2	3	0,008	0,1	-	0,03	0,124	x	-
Ejemplo comparativo 13	resto	3,8	0,7	3	1,4	-	-	-	0,03	-	x	-

5 Más específicamente, se ha confirmado con éxito que en el caso en el que Ag es de menos del 3,1 % en masa, Cu es de menos del 0,6 % en masa, Sb supera el 6 % en masa, Co supera el 0,03 % en masa o Fe supera el 0,05 % en masa, la calidad acústica se considera "x" (ejemplos comparativos 1, 2, 6, 8 y 10). Además, se ha confirmado con éxito que en el caso de contener "Ni", la calidad acústica se considera "x", que es defectuosa, en todos los aspectos (ejemplos comparativos 11 a 13).

10 Además, se ha confirmado con éxito que en el caso en el que Bi es de menos del 1,5 % en masa, Bi supera el 5,5 % en masa, Sb es de menos del 1,0 % en masa, Co es de menos del 0,001 % en masa o Fe es de menos del 0,02 % en masa, el resultado de la prueba de ciclos térmicos (TCT) se considera "x", que es defectuosa (ejemplos comparativos 3 a 5, 7 y 9).

15 **Lista de signos de referencia**

- 10 aleación para soldadura
- 15 capa de compuesto intermetálico
- 20 tierra de Cu
- 30 sustrato
- 25 40 componente electrónico
- L1 trayectoria de desarrollo de grietas esperada
- L2 trayectoria de desarrollo de grietas
- 30

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Aleación para soldadura que comprende Ag: del 3,1 al 4,0 % en masa, Cu: del 0,6 al 0,8 % en masa, Bi: del 1,5 al 5,5 % en masa, Sb: del 1,0 al 6,0 % en masa, Co: del 0,001 al 0,030 % en masa, Fe: del 0,02 al 0,05 % en masa, opcionalmente del 0,002 al 0,250 % en masa de As, opcionalmente del 0,004 al 0,250 % de Zr, y siendo el resto Sn e impurezas inevitables.
- 10 2. Aleación para soldadura según la reivindicación 1, en la que la suma de un valor del % en masa de Fe y un valor de tres veces el % en masa de Co es de 0,03 a 0,10.
- 15 3. Pasta de soldadura que tiene un polvo de soldadura que es la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2, y un fundente.
4. Bola de soldadura que es la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2.
5. Preforma de soldadura que es la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2.
6. Junta de soldadura que tiene la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2.
- 20 7. Circuito electrónico en el vehículo que tiene la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2.
8. Circuito electrónico de ECU que tiene la aleación para soldadura según la reivindicación 1 ó 2.
- 25 9. Dispositivo de circuito electrónico en el vehículo que incluye el circuito electrónico en el vehículo según la reivindicación 7.
10. Dispositivo de circuito electrónico de ECU que incluye el circuito electrónico de ECU según la reivindicación 8.

FIG. 1

Ejemplo 1

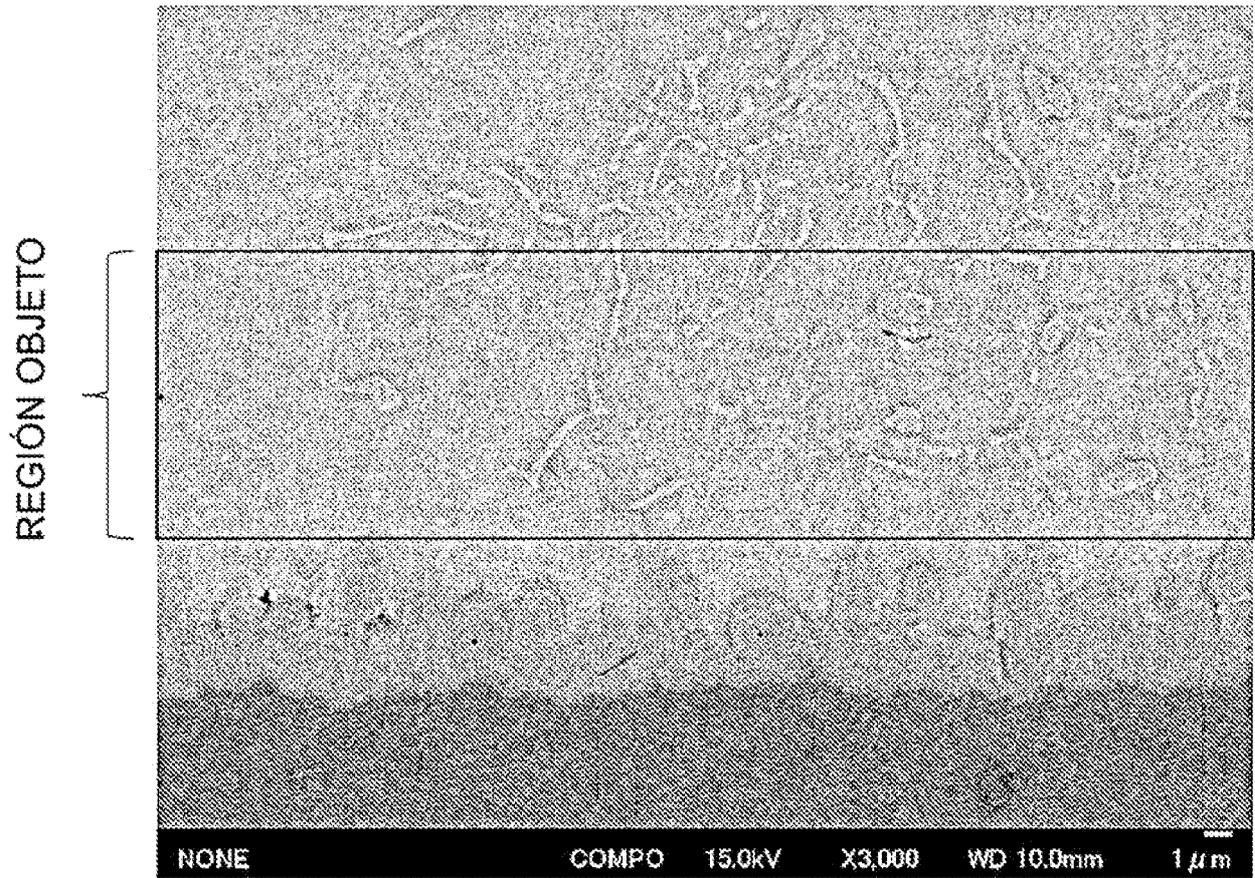


FIG. 2

Ejemplo comparativo 12

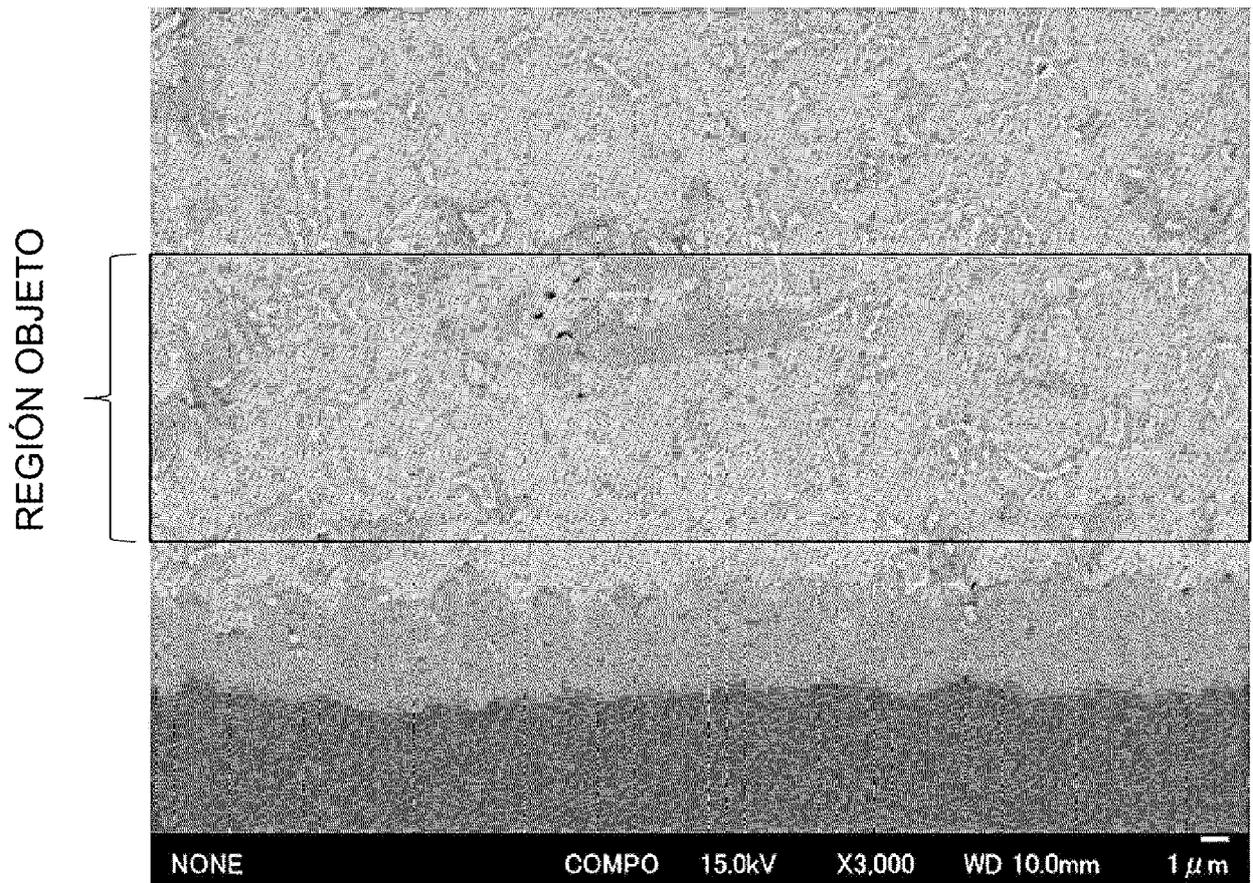


FIG. 3

Ejemplo comparativo 14

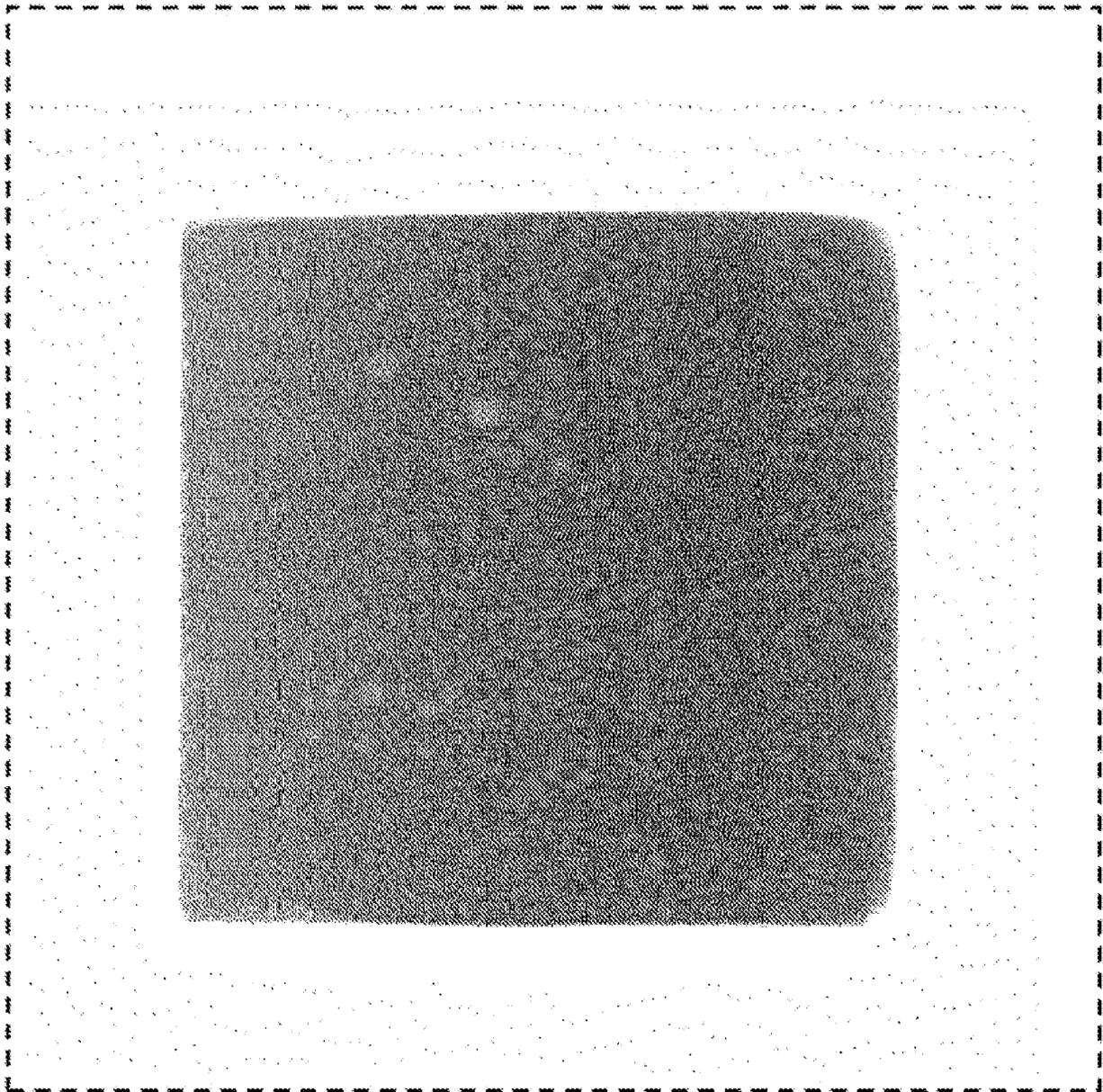


FIG. 4

Ejemplo 1

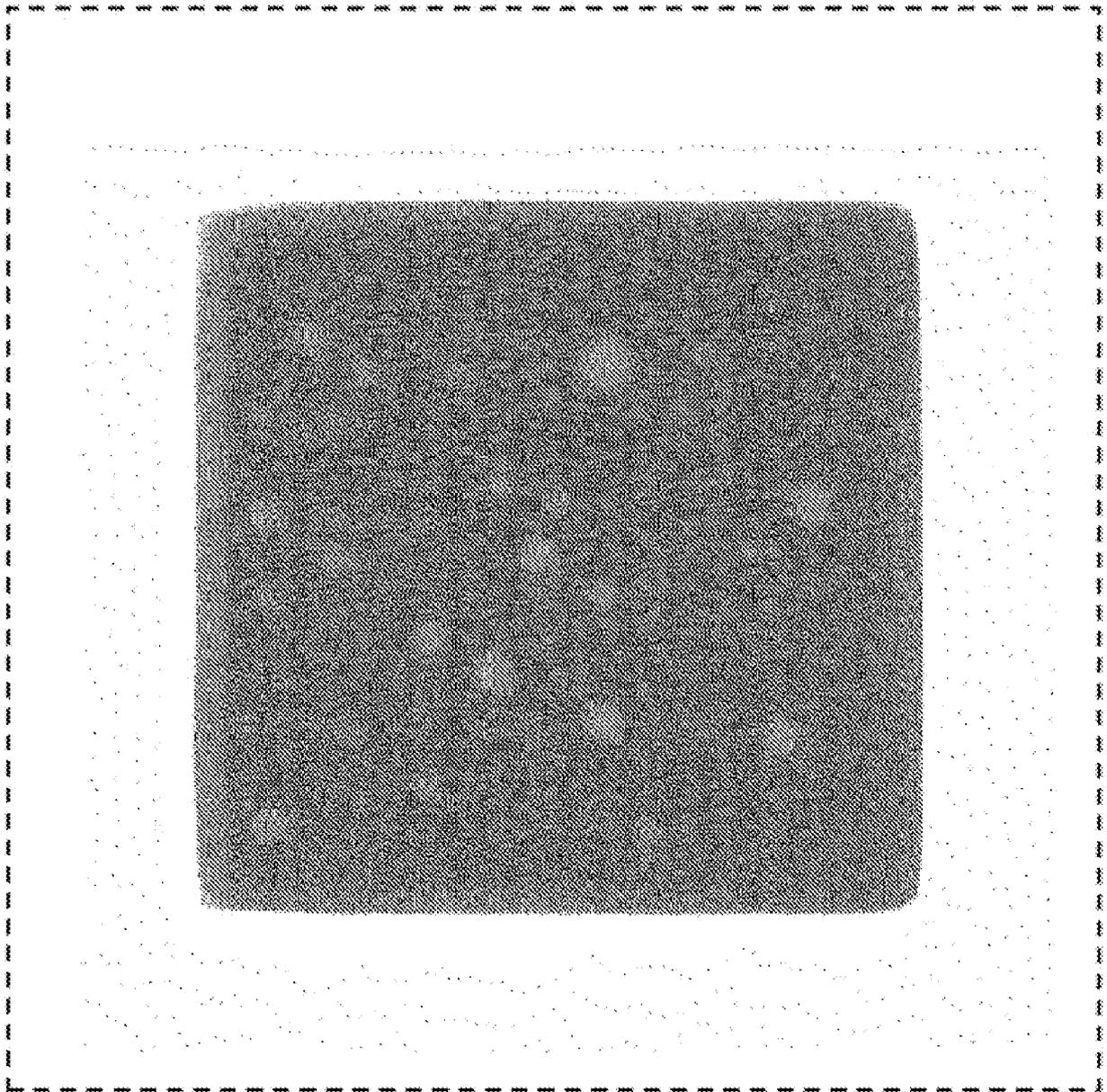


FIG. 5

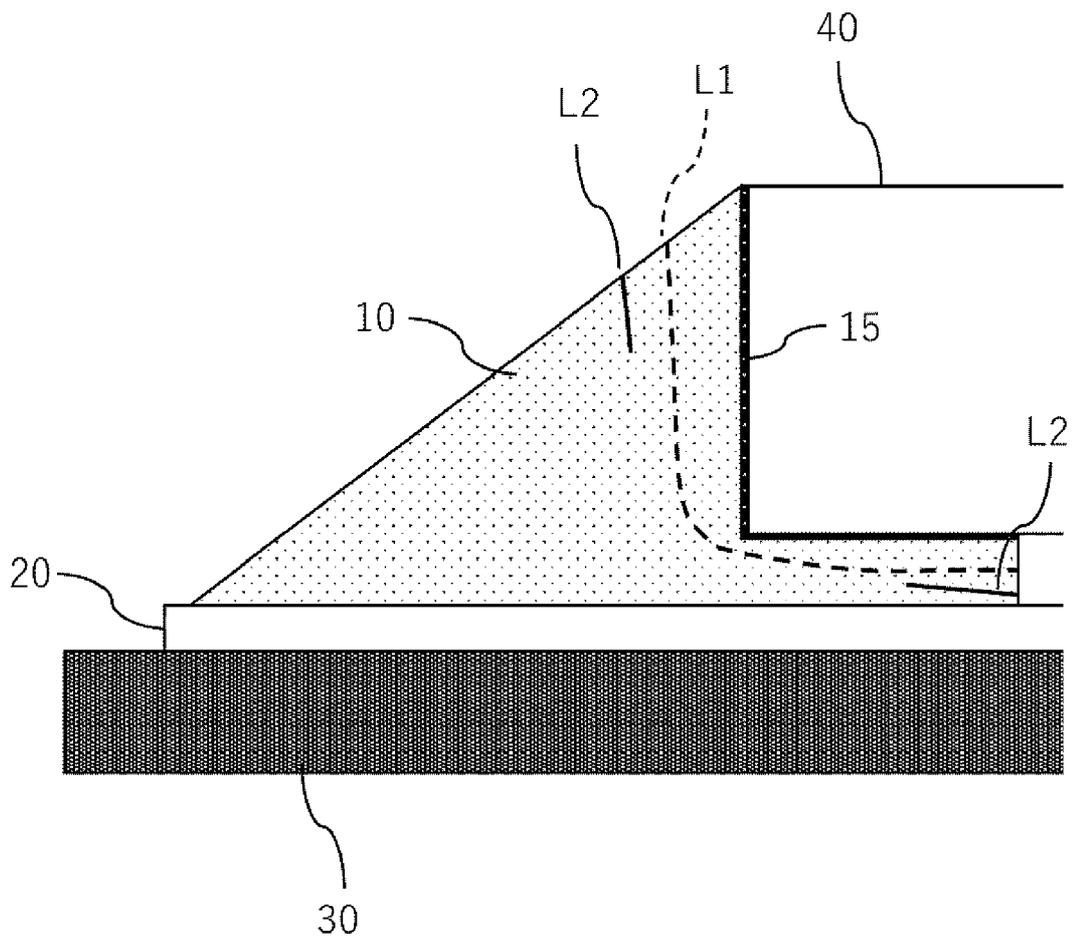


FIG. 6

