

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 854**

51 Int. Cl.:

**B23K 35/26** (2006.01)

**C22C 13/00** (2006.01)

**C22C 13/02** (2006.01)

**H01L 21/60** (2006.01)

**H05K 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2012 PCT/JP2012/066822**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2014 WO14002283**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2012 E 12879828 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2886243**

54 Título: **Bola de soldadura sin plomo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.04.2018**

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

72 Inventor/es:  
**YAMANAKA, YOSHIE;**  
**TACHIBANA, KEN;**  
**YOSHIKAWA, SHUNSAKU y**  
**NOMURA, HIKARU**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 665 854 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

Bola de soldadura sin plomo

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una bola de soldadura sin plomo usada para electrodos de partes electrónicas tales como semiconductores.

En particular, se refiere a una bola de soldadura sin plomo que tiene pocos problemas debido a los defectos de fusión.

**Antecedentes de la técnica**

10 Recientemente, debido a las disminuciones del tamaño del equipo electrónico y los aumentos en la velocidad de las señales eléctricas, las partes electrónicas usadas en el equipo electrónico se están volviendo de tamaño más pequeño y multifuncionales. Los ejemplos de partes electrónicas que se han vuelto de tamaño más pequeño y multifuncionales son BGA (matrices de rejilla de bolas), CSP (paquetes de tamaño de chip) y MCM (módulos multichip) (denominados colectivamente a continuación BGA). Las BGA tienen electrodos dispuestos en un patrón tipo malla en la superficie posterior de un sustrato BGA.

15 Para montar una BGA en una placa de circuito impresa, los electrodos de la BGA y los terminales de la placa de circuito impresa se conectan entre sí por soldadura. Sin embargo, suministrar soldadura a cada electrodo y llevar a cabo la soldadura requiere una gran cantidad de esfuerzo y la soldadura no puede suministrarse desde el exterior a los electrodos localizados en el centro de un sustrato. Por lo tanto, se usa un procedimiento en el que la soldadura se monta previamente en los electrodos de una BGA. Este procedimiento se denomina una formación de perla de soldadura.

20 Las bolas de soldadura, la pasta de soldadura y similares se usan para la formación de perlas de soldadura en las BGA. Cuando se forman perlas de soldadura con bolas de soldadura, se aplica un flujo pegajoso a los electrodos de una BGA y las bolas de soldadura se colocan en los electrodos a los que se aplicó el flujo. El sustrato de BGA se calienta después mediante un aparato de calentamiento tal como un horno de reflujo para fundir las bolas de soldadura y formar perlas de soldadura en los electrodos. Los sustratos para los semiconductores tales como los sustratos de BGA se denominarán colectivamente sustratos de módulo.

25 Cuando se forman perlas de soldadura en el terminal de una oblea usando una pasta de soldador, se coloca sobre la oblea una máscara de metal que tiene orificios que se colocan en lugares que coinciden con el terminal de la oblea y que tienen aproximadamente el mismo tamaño que el terminal, se esparce una pasta de soldadura en la parte de arriba de la máscara de metal con un enjuagador de goma de tal manera que la pasta de soldadura se aplica en el terminal de la oblea imprimiendo. La oblea se calienta después en un horno de reflujo para fundir la pasta de soldadura y formar perlas de soldadura.

30 Con las BGA convencionales, las bolas de soldadura hechas de una aleación de Sn-Pb se usaron para la formación de perlas de soldadura. Las bolas de soldadura de Sn-Pb no solamente tienen excelente capacidad de soldadura con respecto a los electrodos de una BGA sino que particularmente una composición eutéctica de Sn-Pb tiene un punto de fusión que no tiene efectos térmicos en las BGA o en las placas de circuito impresas en el momento de la soldadura. Además, las bolas de soldadura contienen Pb blando, los impactos se absorben cuando las partes electrónicas o el equipo electrónico que usa estas bolas de soldadura se cae y este hecho contribuye en gran medida a aumentar la vida útil de las partes electrónicas y el equipo electrónico. El uso de Pb se está regulando hoy en día a escala global y también se está regulando una composición eutéctica de Sn-Pb que se ha usado convencionalmente para soldar.

35 Se han usado aleaciones de soldadura en base a Sn-Ag-Cu tales como Sn-3,0Ag-0,5Cu y Sn-4,0Ag-0,5Cu como composiciones de bolas de soldadura sin plomo para las BGA. Estas aleaciones de soldadura sin plomo tienen excelente resistencia a la fatiga térmica, pero cuando el equipo electrónico portátil que usa bolas de soldadura que tiene estas composiciones de aleación de soldadura se cae, ocurre fácilmente el pelado interfacial en el que tiene lugar el pelado desde la interfaz de unión de las bolas de soldadura, por lo que la resistencia a los impactos por caída es inferior. Para mejorar la resistencia a los impactos por caída, se han desarrollado aleaciones de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni que contienen Ni.

40 Sin embargo, estas composiciones de soldadura en base a Sn-Ag-Cu o Sn-Ag-Cu-Ni usadas en las bolas de soldadura tienen peor humectabilidad en comparación con las soldaduras en base a Sn-Pb convencionales y cuando las BGA se montan en una placa de circuito impresa usando pasta de soldadura, los componentes de soldadura de las bolas de soldadura fusionadas y los componentes de soldadura de la pasta de soldadura no se mezclan completamente entre sí, dando como resultado el problema de la aparición del fenómeno de los defectos de fusión en los que se desarrolla una capa de una película de óxido de Sn entre las bolas de soldadura y la pasta de soldadura. La Figura 1 muestra un ejemplo de unión de una BGA a una placa de circuito impresa como un ejemplo del fenómeno de los defectos de fusión. Entre las perlas de soldadura que conectan una parte 1 de BGA y un

5 sustrato 2 de montaje, se fusionó una perla 3 de soldadura, pero se desarrolló un defecto de fusión en la perla 4 de soldadura. La Figura 2 muestra una perla de soldadura formada a partir de una bola 5 de soldadura y una pasta 6 de soldadura que experimentaron un defecto de fusión después de calentar para el montaje. Como puede cerciorarse a partir de la Figura 3, que es un agrandamiento de la Figura 2, solamente hay contacto en la junta 7, que desarrolló un defecto de fusión. Por lo tanto, si se aplica un impacto externo, la unión se fractura fácilmente. Si se desarrolla un defecto de fusión, un fallo tiene lugar fácilmente cuando se aplica un impacto externo, tal como cuando se cae el equipo electrónico en el que se montan las BGA.

10 Para prevenir problemas debido a los defectos de fusión, los fabricantes de equipo electrónico inspeccionan previamente las uniones que han desarrollado defectos de fusión mediante un procedimiento tal como la medición de la resistencia del equipo electrónico y las placas de circuito impresas que desarrollaron defectos de fusión se reparan o se reemplazan para obviar malfuncionamientos.

15 El presente solicitante desveló un procedimiento de aplicación de un flujo posterior a los electrodos de un módulo tal como una BGA como un procedimiento de prevención de defectos de fusión que se desarrollan cuando se conecta un módulo tal como una BGA y una placa de circuito impresa (documento WO 2006/134891 A: Documento 1 de Patente).

20 Las composiciones para las bolas de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni para las BGA y similares que se han desvelado incluyen una aleación de soldadura sin plomo que comprende 1) Ag: 0,8 - 2,0 %, (2) Cu: 0,05 - 0,3 % y (3) al menos un elemento seleccionado de In: al menos un 0,01 % y menos de un 0,1 %, Ni: 0,01 - 0,04 %, Co : 0,01 - 0,05 % y Pt: 0,01 - 0,1 % y un remanente de Sn (documento WO 2006/129713 A: Documento 2 de Patente), una aleación de soldadura sin plomo caracterizada porque comprende Ag: 1,0 - 2,0 % en masa, Cu: 0,3 - 1,5 % en masa y un remanente de Sn e impurezas inevitables y una aleación de soldadura sin plomo que comprende además al menos uno de Sb: 0,005 - 1,5 % en masa, Zn: 0,05 - 1,5 % en masa, Ni: 0,05 - 1,5 % en masa y Fe: 0,005 - 0,5 % en masa, siendo el contenido total de Sb, Zn, Ni y Fe como mucho un 1,5 % en masa (documento JP 2002-239780 A: Documento 3 de Patente), una aleación de soldadura sin plomo que comprende, en % en masa, 0,1 - 1,5 % de Ag, 0,5 - 0,75 % de Cu, Ni en una cantidad que satisface la relación  $12,5 \leq \text{Cu/Ni} \leq 100$  y un remanente de Sn e impurezas inevitables (documento WO 2007/081006 A: Documento 4 de Patente), una aleación de soldadura sin plomo que comprende Ag: 1,0 - 2,0 % en masa, Cu: 0,3 - 1,0 % en masa, Ni: 0,005 - 0,10 % en masa y un remanente de Sn e impurezas inevitables (documento WO 2007/102588 A: Documento 5 de Patente), una aleación de soldadura sin plomo que consiste esencialmente (en masa) en 1,0 % a 4,0 % de Ag, 0,2 % a 1,3 % de Cu, 0,02 % a 0,06 % de Co y Sn e impurezas (documento EP 1213089 A1: Documento 6 de Patente) y una soldadura sin plomo que esencialmente consiste en aproximadamente un 0,01 a un 0,5 % en peso de níquel; al menos un componente seleccionado del 0,7 al 2,0 % en peso de cobre y opcionalmente de aproximadamente un 3,0 a un 5,0 % en peso de antimonio; y siendo el equilibrio estaño (documento US 6139979: Documento 7 de Patente).

**Documentos de la técnica anterior - Documentos de patente**

- 35 Documento 1 de Patente: WO 2006/134891 A  
 Documento 2 de Patente: WO 2006/129713 A  
 Documento 3 de Patente: JP 2002-239780 A  
 Documento 4 de Patente: WO 2007/081006 A  
 Documento 5 de Patente: WO 2007/102588 A  
 40 Documento 6 de Patente: EP 1213089 A1  
 Documento 7 de Patente: US 6139979

**Sumario de la invención**

**Problema que la invención ha de resolver**

45 Cuando se realiza el montaje de una BGA o similares, es típico usar un procedimiento en el que una pasta de soldadura que comprende una aleación de soldadura en polvo tal como una aleación en polvo de Sn-Ag-Cu y un flujo se imprimen en un sustrato de montaje, una parte electrónica tal como una BGA que tiene perlas de aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu formadas sobre la misma se coloca en el sustrato y se llevan a cabo el calentamiento y el fundido para realizar la soldadura. Recientemente, en este procedimiento, incluso si el montaje se lleva a cabo a una temperatura suficientemente mayor que el punto de fusión de la aleación de soldadura, el problema de los defectos de fusión en los que las perlas de soldadura en un sustrato de módulo de una BGA o similares no se fusiona con la pasta de soldadura o las partes electrónicas que tienen plomos no se fusionan con la pasta de soldadura, provocando de esta manera defectos de conducción, se está volviendo un problema. Los defectos de fusión del plomo en curso dan lugar a defectos en la conducción y se asocian al equipo electrónico que es incapaz de realizar su función. En algunos casos, existe la posibilidad de que los defectos de fusión den como resultado reivindicaciones de compensación contra el fabricante. La soldadura de un módulo a una placa de circuito impresa es diferente de la soldadura de una placa de circuito impresa y una parte de chip que tiene un poco de deformación. Se caracteriza porque tanto el módulo como la placa de circuito impresa se someten a una gran cantidad de deformación debido al calentamiento por reflujo. Este fenómeno se reconoció antes de que los electrodos de las partes electrónicas se volvieran sin plomo, pero su ocurrencia se está observando más frecuentemente al volverse

sin plomo los electrodos de partes electrónicas y hay una necesidad urgente de desarrollar una contramedida con respecto a los electrodos hechos de una soldadura sin plomo que se están volviendo la corriente principal.

Las causas principales de los defectos de fusión son el efecto de la corrosión de las superficies de las perlas de soldadura de los módulos tales como las BGA y la deformación de los sustratos y las partes electrónicas. En particular, se desarrolla una película fuerte de óxido en una superficie de la perla de soldadura que se limpia inadecuadamente de flujo usado en el momento de la formación de la burbuja o cuando una parte electrónica se ha expuesto a una alta temperatura y una alta humedad. El papel de la limpieza de esta película de óxido superficial normalmente se realiza mediante el flujo contenido en la pasta de soldadura que se imprime sobre una placa de circuito impresa durante un procedimiento de montaje de superficie. Sin embargo, cuando la película de óxido superficial anteriormente descrita es resistente, su superficie no se reduce fácilmente. Además, cuando un sustrato o una parte electrónica desarrollan deformación debido al calentamiento en el momento del montaje, la pasta de soldadura que se aplicó por impresión puede separarse de las perlas de soldadura en la parte electrónica. Como resultado, se aumenta la posibilidad de la aparición de defectos de fusión. De acuerdo con los informes en el mercado, el porcentaje de aparición de defectos de fusión está en el nivel de ppm, pero en la exposición experimental de las bolas de soldadura a alta temperatura, un ambiente con alta humedad que provoque la corrosión de la superficie de las bolas de soldadura, se ha descubierto que el porcentaje de aparición de defectos de fusión aumenta al 50 - 70 %.

Los presentes inventores han descubierto ahora que además de las causas anteriormente descritas, la formación de los compuestos dentro de la soldadura debidos a la composición de bolas de soldadura, es decir,  $Cu_6Sn_5$  o  $(Cu,Ni)_6Sn_5$  es una causa de defectos de fusión. Cuando las partes electrónicas que tienen bolas de soldadura conectadas a las mismas se montan sobre un sustrato de montaje sobre el que se imprimió una pasta de soldadura, el montaje se lleva a cabo con el lado del electrodo de un módulo tal como una BGA a la que las bolas de soldadura se conectan mirando hacia abajo con respecto al sustrato de montaje. El calentamiento se lleva a cabo después para fundir la pasta de soldadura y las bolas de soldadura dando lugar a la fusión. Sin embargo, cuando una cantidad grande del compuesto  $Cu_6Sn_5$  o  $(Cu,Ni)_6Sn_5$  se forma dentro de una bola de soldadura, el compuesto sedimenta dentro de la bola de soldadura en el momento de la fundición de la bola de soldadura y se da el fenómeno en el que el compuesto precipita en la vecindad de la superficie más externa de la perla resultante. Se descubrió que este fenómeno inhibe la fusión de la bola de soldadura con la pasta de soldadura y se vuelve una causa principal de la aparición de defectos de fusión (Figura 3).

Las contramedidas concebibles contra los defectos de fusión son eliminar la deformación que se desarrolla en las partes electrónicas o los sustratos de montaje o aumentar la actividad de la pasta de soldadura. Sin embargo, con la tecnología actual, es imposible desde un punto de vista práctico eliminar la deformación de los sustratos. Además, aumentar la actividad de un flujo en la pasta de soldadura promueve una reacción con la soldadura en polvo, así que desde el punto de vista de los cambios con el tiempo, esta contramedida es difícil porque puede disminuir la confiabilidad de la pasta. En consecuencia, no hubo contramedida eficaz contra los defectos de fusión. Por lo tanto, fue típico resolver el problema de los defectos de fusión mediante un procedimiento como aquel del Documento 1 de Patente incluso aunque aumentara el número de etapas y se asociara a aumentos del coste.

El problema a resolverse por la presente invención es encontrar un procedimiento para superar los defectos de fusión en base a la composición de una bola de soldadura sin emplear procedimientos que aumenten el número de etapas como en el Documento 1 de Patente.

### **Medios para resolver el problema**

Los presentes inventores descubrieron que los defectos de fusión están provocados por Ni que se añade para mejorar la resistencia a los impactos de caída de las bolas de soldadura. El Ni forma compuestos intermetálicos con Sn y Cu y los compuestos intermetálicos resultantes precipitan en la superficie de la bola de soldadura y evitan que los componentes de soldadura de las bolas de soldadura y los componentes de soldadura en la pasta de soldadura se mezclen entre sí. Además, la humectabilidad de las bolas de soldadura afecta a los defectos de fusión con la pasta de soldadura y una disminución en la humectabilidad que acompaña a una disminución en el contenido de Ag también es una causa de los defectos de fusión.

Se descubrió que ajustando los contenidos de Sn, Cu y Ni de tal manera que estuvieran en intervalos prescritos en una aleación cuaternaria que contenga Ni en Sn-Ag-Cu, la cantidad de compuestos intermetálicos de Sn, Cu y Ni que se forman se suprime, dando como resultado una disminución de la cantidad de compuestos que precipitan en la superficie de la bola de soldadura y se exhibe una humectabilidad suficiente para la fusión con la pasta de soldadura, haciendo posible de esta manera disminuir drásticamente los defectos de fusión. Como resultado, se completó la presente invención.

La presente invención es una bola de soldadura sin plomo que se instala para su uso como un electrodo en la superficie posterior de un sustrato de módulo de una BGA o un CSP, teniendo la bola de soldadura una composición que consiste esencialmente en un 1,6 - 2,9 % en masa de Ag, un 0,7 - 0,8 % en masa de Cu, un 0,05 - 0,08 % en masa de Ni y un remanente de Sn.

Para mejorar las propiedades de fatiga térmica de una bola de soldadura, se forman compuestos intermetálicos de Sn y Ag, de Sn, Cu y Ni y similares añadiendo Ag, Cu y Ni a la soldadura. Como resultado, se forma una aleación de soldadura más fuerte debido a los compuestos intermetálicos que forman una red tipo malla. Para aumentar la resistencia a los impactos por caída, se emplea un procedimiento parecido a aquel desvelado en el Documento 4 de Patente en el que se añade Ni en lugar de disminuir el contenido de Ag dura. Sin embargo, el Ni que se añade para aumentar la resistencia forma fácilmente compuestos debido a la obligación del Ni de formar fácilmente compuestos intermetálicos con Cu, y los compuestos resultantes precipitan en la superficie de una bola de soldadura y empeoran la humectabilidad de la bola de soldadura. Las porciones de peor humectabilidad que se desarrollan en la superficie de una bola de soldadura no son compatibles con la pasta de soldadura durante el periodo de calentamiento para reflujo cuando la bola de soldadura se monta sobre una placa de circuito impresa y se calienta con pasta de soldadura y estas porciones pueden solidificarse apareciendo líneas limitrofes. Este es el fenómeno de los defectos de fusión.

Para disminuir la cantidad de compuestos de Ni que precipitan en la superficie de una bola de soldadura hecha de una aleación de soldadura que tiene una composición de Sn-Ag-Cu-Ni, los presentes inventores se centraron en el hecho de que los compuestos intermetálicos de Sn, Cu y Ni no precipitan en una superficie de una bola de soldadura si el contenido de Cu que reacciona con Ni disminuye. Sin embargo, si disminuye el contenido de Cu, la resistencia a impactos por caída disminuye cuando se lleva a cabo la soldadura a los electrodos de Cu. Los presentes inventores descubriendo que ajustando el contenido de Cu que se añade a una aleación de soldadura en la vecindad del 0,75 % en masa que está cerca de punto eutéctico, el consumo de Cu debido a la formación de la red y el consumo de Cu debido a la formación de compuestos de Cu y Ni se equilibran y los compuestos de Cu y Ni ya no precipitan en una gran cantidad en la superficie de la bola de soldadura, evitando de esta manera que se desarrollen los defectos de fusión.

Es decir, fabricando una composición de bola de soldadura con una composición de aleación cuaternaria que contiene un 1,6 - 2,9 % en masa de Ag, un 0,7 - 0,8 % en masa de Cu y un 0,05 - 0,08 % en masa de Ni, se forma una red de compuestos intermetálicos de Sn-Ag-Cu, y la formación de compuestos intermetálicos de Cu-Ni ocurre por reacción del Cu, que se reduce en cantidad por la formación de la red, con Ni. Por lo tanto, el Cu no reacciona de forma preferencial con Ni y se evita la precipitación de los compuestos intermetálicos de Cu y Ni en la superficie de la bola de soldadura. Como resultado, cuando la bola de soldadura se suelda a una placa de circuito impresa con pasta de soldadura, la bola de soldadura exhibe buena humectabilidad y no se desarrollan los defectos de fusión.

### **Efectos de la invención**

Con una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención, los compuestos intermetálicos de Sn, Cu y Ni que tienen peor humectabilidad no precipitan en la superficie de la bola de soldadura, de tal manera que es posible una buena soldadura y cuando la bola de soldadura se suelda a una placa de circuito impresa usando una pasta de soldadura, puede lograrse una buena capacidad de soldadura sin la aparición de defectos de fusión.

Además, una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención puede lograr buenas conexiones de soldadura entre un electrodo de una BGA o similares y una placa de circuito impresa cuando se suelda a un electrodo de Cu o un electrodo de Ni proporcionando a la vez resistencia a la fatiga térmica y resistencia a los impactos por caída.

### **Breve explicación de los dibujos**

La Figura 1 es un ejemplo de conexión entre una BGA y una placa de circuito impresa.

La Figura 2 es una vista agrandada de 4 en la Figura 1.

La Figura 3 es una figura que muestra la aparición de defectos de fusión en la interfaz de unión entre la bola de soldadura de la Figura 2 y la pasta de soldadura.

La Figura 4 es una figura que muestra un electrodo de una BGA del Ejemplo 2 en la Tabla 1.

La Figura 5 es una figura que muestra un electrodo de una BGA del Ejemplo Comparativo 6 de la Tabla 1.

### **Modos de llevar a cabo la invención**

Una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención que no desarrolla defectos de fusión y que tiene tanto resistencia excelente a fatiga térmica como resistencia excelente a impactos por caída se usa preferentemente para la formación de perlas en una parte de paquetes tal como una BGA que tiene electrodos en su superficie más baja.

Si el contenido de Ag de una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni de una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención es menos de un 1,6 % en masa, la humectabilidad de la bola de soldadura disminuye. Como resultado, la humectabilidad a la pasta de soldadura disminuye y la capacidad de fusión empeora y los defectos de fusión ocurren fácilmente. Además, si el contenido de Ag es menos del 1,6 % en masa, la resistencia de la soldadura disminuye y la resistencia a la fatiga térmica empeora. Si el contenido de Ag excede el 2,9 % en masa, la bola de soldadura se vuelve dura y la resistencia a los impactos por caída empeora. En consecuencia, una aleación para una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención tiene preferentemente un contenido de Ag del 1,6 - 2,9 % en masa. Más preferentemente es el 1,9 - 2,3 % en masa.

5 Si el contenido de Cu de una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni de una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención es menos de un 0,7 % en masa, la composición se mueve lejos del punto eutéctico de Sn-Ag-Cu, de manera que cuando se usa la bola de soldadura con un electrodo de Cu, el Cu del electrodo de Cu se difunde hacia la soldadura. Como resultado, una capa de compuesto intermetálico Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> se vuelve más gruesa en la interfaz con el electrodo de Cu y la resistencia a los impactos por caída empeora.

10 Si el contenido de Cu de una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni excede el 0,8 % en masa, la cantidad de compuestos intermetálicos de Cu y Ni en la bola de soldadura aumenta de tal manera que los compuestos intermetálicos de Cu y Ni precipitan en la superficie de las bolas de soldadura, aumentando de esta manera la aparición de defectos de fusión. Además, si el contenido de Cu excede el 0,8 % en masa, la composición se mueve lejos del punto eutéctico de Sn-Ag-Cu, de manera que el compuesto intermetálico Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> se forma fácilmente en una capa de reacción entre la aleación de soldadura y un electrodo de Cu. Como resultado, una capa de compuesto intermetálico Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> que se forma en la interfaz de unión de la soldadura con el electrodo de Cu se vuelve gruesa.

15 En consecuencia, el contenido de Cu de una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni de una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención no desarrolla defectos de fusión y que tiene resistencia excelente a los impactos por caída debe ser el 0,7 - 0,8 % en masa.

20 Si el contenido de Ni de una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni de una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención es menos del 0,5 % en masa, la resistencia al impacto por caída empeora. Además, si el contenido de Ni es menos del 0,05 % en masa, no se obtiene el efecto de añadir Ni. De esta manera, el Ni difunde fácilmente desde un electrodo de Ni y se vuelve fácil que se formen compuestos intermetálicos en la interfaz. Por lo tanto, el contenido de Ni en una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni debe ser al menos el 0,05 % en masa.

25 De forma similar, si el contenido de Ni excede el 0,08 % en masa, la cantidad de compuestos intermetálicos de Sn, Cu y Ni en la bola de soldadura aumenta de tal manera que los compuestos intermetálicos de Sn, Cu y Ni precipitan en la superficie de las bolas de soldadura, aumentando de esta manera la aparición de defectos de fusión. Adicionalmente, si el contenido de Ni excede el 0,08 % en masa, la concentración de Ni en los compuestos intermetálicos formados en la interfaz de unión aumenta dando lugar a una disminución en la resistencia de unión y la dureza de la soldadura aumenta. Como resultado, ocurre más fácilmente el pelado en la interfaz cuando se aplica un impacto.

30 Por lo tanto, el contenido de Ni en una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni para una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención debe ser el 0,05 - 0,08 % en masa.

35 Al menos un elemento seleccionado de Fe, Co y Pt en una cantidad total del 0,003 - 0,1 % en masa debe añadirse además a una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni para una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención. La adición de los elementos Fe, Co o Pt a una aleación para una bola de soldadura refina una capa de compuesto intermetálico que se forma en la interfaz de unión y suprime su grosor, de tal manera que tiene el efecto de mejorar la resistencia a la caída. Si el contenido de los elementos seleccionados de Fe, Co y Pt es menor del 0,03 % en masa, el efecto anteriormente descrito es extremadamente difícil de obtener, mientras que si se añade en un exceso del 0,1 % en masa, la dureza de las perlas de soldadura aumenta y se desarrolla el efecto dañino del pelado interfacial debido a impactos.

40 Al menos un elemento seleccionado de Bi, In, Sp, P y Ge en una cantidad total del 0,003 - 0,1 % en masa debe añadirse además a una aleación de soldadura en base a Sn-Ag-Cu-Ni para una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención. Después de que una bola de soldadura se monte en un sustrato de módulo, se determina por reconocimiento de imagen si la soldadura ha tenido lugar. Si se da una descoloración de la bola de soldadura tal como amarilleamiento, el reconocimiento de imágenes puede determinar que está presente un defecto. Por lo tanto, es preferible que una bola de soldadura no se someta a descoloración durante el reflujó. La adición de Bi, In, Sb, P o Ge tiene el efecto de prevenir la descoloración debido al calor o similares, por lo que pueden evitarse errores en la inspección de calidad de las perlas. Si el contenido de los elementos seleccionados de Bi, In, Sb, P y Ge es menos del 0,003 % en masa, es extremadamente difícil obtener el efecto anteriormente descrito, mientras que si se añaden en un exceso del 0,1 % en masa, la dureza de la perla de soldadura aumenta y hay una posibilidad de una disminución en el efecto de mejora de la resistencia a la caída.

50 Se usa una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención para los electrodos. El diámetro de la bola de soldadura es al menos 0,1 mm, preferentemente al menos 0,3 mm y más preferentemente al menos 0,5 mm. En los últimos años, el equipo electrónico se está volviendo miniaturizado en aumento y las bolas de soldadura montadas sobre partes electrónicas continúan volviéndose más pequeñas. Las bolas de soldadura para unir chips invertidos son típicamente de 0,1 mm o menores, mientras que las bolas de soldadura como la bola de soldadura de la presente invención que se usan para electrodos de BGA y CSP que tienen un chip invertido alojado en los mismos tienen principalmente al menos 0,1 mm de tamaño.

**Ejemplos**

5 Se prepararon aleaciones de soldadura que tienen las composiciones mostradas en la Tabla 1 y se formaron en bolas de soldadura que tenían un diámetro de 0,3 mm mediante el procedimiento de atomización de gas. Las bolas de soldadura resultantes se usaron para evaluar con respecto a los defectos de fusión y mediante un ensayo de fatiga térmica y un ensayo de impacto por caída.

Tabla 1

	Composición de soldadura (% en masa)											Número de defectos de fusión	Número de ciclos en el ensayo de fatiga térmica	Número de caídas en el ensayo de impacto por caída	Observaciones	
	Sn	Ag	Cu	Ni	Fe	Co	Pt	Bi	In	Sb	P					Ge
Ejemplos	1	Rem	1,6	0,75	0,07								0	1623	141	
	2	Rem	2,0	0,75	0,07								0	1900	118	
	3	Rem	2,5	0,75	0,07								0	1971	91	
	4	Rem	2,9	0,75	0,07								0	2373	66	
	5	Rem	1,8	0,70	0,05								0	1696	133	
	6	Rem	2,9	0,80	0,08								0	2296	57	
	7	Rem	2,5	0,70	0,08								0	2008	88	
	8	Rem	2,5	0,80	0,05								0	2181	82	
	9	Rem	2,0	0,75	0,07	0,01							0	1915	135	
	10	Rem	2,0	0,75	0,07		0,008						0	1935	128	
	11	Rem	2,0	0,75	0,07			0,05					0	1903	133	
	12	Rem	2,0	0,75	0,07				0,1				0	1942	115	
	13	Rem	2,0	0,75	0,07					0,1			0	1928	112	
	14	Rem	2,0	0,75	0,07						0,07		0	1930	120	
	15	Rem	2,0	0,75	0,07							0,003	0	1895	117	
	16	Rem	2,0	0,75	0,07								0	1890	116	
1	Rem	3,0	0,50									0	2464	1		
2	Rem	1,0	0,50									10	898	1		
3	Rem	1,0	0,75	0,07								15	977	156		
4	Rem	3,5	0,75	0,07								0	2489	18		
5	Rem	2,5	0,60	0,07								0	1965	35		
6	Rem	2,5	0,90	0,07								11	1991	29		

(continuación)

	Composición de soldadura (% en masa)											Número de defectos de fusión	Número de ciclos en el ensayo de fatiga térmica	Número de caídas en el ensayo de impacto por caída	Observaciones	
	Sn	Ag	Cu	Ni	Fe	Co	Pt	Bi	In	Sb	P					Ge
7	Rem	2,5	0,75	0,03									0	1913	37	
8	Rem	2,5	0,75	1,00									15	2156	22	
9	Rem	1,2	0,50	0,05									13	1037	1	
10	Rem	2,5	0,50	0,50									17	1972	1	
11	Rem	3,0	1,00	0,50									20	2399	1	
12	Rem	1,5	0,50	0,50									18	1244	1	Doc. 3 Pat.
13	Rem	2,0	1,00	0,01									14	1890	1	
14	Rem	1,5	0,65	0,07									10	1102	39	
15	Rem	3,0	0,50	0,05									0	2406	1	
16	Rem	2,0	0,70	0,15									16	1876	1	
17	Rem	1,8	1,50	0,15									28	1650	1	

1. El número de apariciones de defectos de fusión se evaluó mediante el siguiente procedimiento. Las bolas de soldadura que se fabricaron usando cada composición se sometieron a un tratamiento de envejecimiento a una temperatura de 110 °C y una humedad relativa del 85 % durante 24 horas. Se imprimió una pasta de soldadura sobre un sustrato epoxi de vidrio (FR-4) que medía 36 x 40 mm y que tenía un grosor de 1,2 mm con el patrón de electrodo del sustrato y las bolas de soldadura que se habían sometido al tratamiento de envejecimiento se montaron sobre los electrodos y se sometieron a reflujo a una temperatura de al menos 220 °C durante 40 segundos con una temperatura pico de 245 °C. El número de defectos de fusión que ocurrieron entre las bolas de soldadura y la pasta de soldadura se contó usando un estereomicroscopio.
2. A continuación, se llevaron a cabo un ensayo de fatiga térmica y un ensayo de impacto de caída de la siguiente manera. Las bolas de soldadura de cada composición que se fabricaron se usaron para llevar a cabo la soldadura a reflujo en un sustrato de módulo para un CSP que medía 12 x 12 mm usando un flujo WF-6400 fabricado por Senju Metal Industry Co., Ltd., fabricando por lo tanto un CSO que usa cada composición de soldadura para los electrodos.
3. Se imprimió una pasta de soldadura sobre un sustrato epoxi de vidrio (FR-4) que medía 30 x 120 mm y que tenía un grosor de 0,8 mm con el patrón de electrodo del sustrato y el CSP fabricado en la Etapa 2 se montó sobre el sustrato y se sometió a reflujo a una temperatura de 220 °C o por encima durante 40 segundos con una temperatura pico de 245 °C para fabricar un sustrato para evaluación.
4. El ensayo de fatiga térmica se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones. Usando el sustrato para evaluación fabricado en la Etapa 3, la resistencia se midió continuamente en un circuito en serie mientras que se aplicó repetidamente una carga térmica que consistía en -40 °C durante 10 minutos y +125 °C durante 10 minutos usando una cámara de choque térmico Modelo TSA-101LA fabricada por ESPEC Corporation. Se determinó que el fallo había tenido lugar cuando la resistencia excedía 15 ohms y se grabó el número de ciclos de fatiga térmica antes del fallo.
5. Se llevó a cabo un ensayo de impacto por caída bajo las siguientes condiciones usando un sustrato para evaluación como uno usado para el ensayo de fatiga térmica. El procedimiento de ensayo comprendía asegurar ambos extremos del sustrato para evaluación en una posición 10 mm por encima de una base usando una plantilla especial. De acuerdo con las especificaciones de JEDEC, se aplicó repetidamente un impacto con una aceleración de 1500 G. Se determinó que el fallo ocurrió cuando la resistencia aumentó a 1,5 veces la resistencia inicial y se grabó el número de caídas antes del fallo.
- En el Ejemplo 2 en la Tabla 1, los contenidos de Ag, Cu y Ni estaban todos en intervalos adecuados, de manera que los resultados con respecto a los defectos de fusión, la resistencia a fatiga térmica y la resistencia al impacto por caída fueron todos excelentes. La Figura 4 muestra la capa de un compuesto en la interfaz de unión en el Ejemplo 2. Puede verse que se formó una capa de compuesto intermetálico de Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> en la porción de unión entre un electrodo 9 de BGA y una bola 5 de soldadura.
- En el caso de las composiciones de aleación de bola de soldadura de los Ejemplos Comparativos 1, 4 y 11 que tienen un contenido de Ag que excede el 2,9 % en masa, aunque se exhibieron efectos de mejora de la resistencia a la fatiga térmica y de defectos de fusión, el contenido de Ag no era óptimo para obtener resistencia al impacto por caída. De esta manera, el número de caídas fue menor de 20 y no se obtuvo una mejora suficiente.
- Para los Ejemplos Comparativos 2, 3, 9 y 10, el contenido de plata fue menor del 1,6 % en masa, por lo que tuvieron peor resistencia a la fatiga térmica y el número de ciclos no alcanzó 1500. Debido a un aumento en la humectabilidad provocada por un contenido de Ag insuficiente, hubo más de 10 defectos de fusión y no hubo efecto de supresión de los defectos de fusión.
- En los Ejemplos Comparativos 5, 6, 7 y 8, aunque se seleccionó un contenido de Ag adecuado, los contenidos de Cu y Ni no estaban optimizados, por lo que no se obtuvieron los efectos de mejorar tanto los defectos de fusión como la resistencia a impactos por caída. La Figura 5 muestra una capa de compuestos en la interfaz de unión para el Ejemplo Comparativo 6. Puede verse que se formó una gruesa capa de compuesto intermetálico de Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>.
- Puede concluirse que una composición de soldadura que consiste esencialmente en un 1,6 - 2,9 % en masa de Ag, un 0,7 - 0,8 % en masa de Cu y un 0,05 - 0,08 % en masa de Ni y el remanente de Sn proporciona una aleación de soldadura que suprime la aparición de defectos de fusión y que tiene tanto resistencia a la fatiga térmica como resistencia a los impactos por caída.

### **Aplicabilidad industrial**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona una bola de soldadura para electrodos que tiene el efecto de suprimir la aparición de defectos de fusión y que tiene excelente resistencia a la fatiga térmica así como excelente resistencia a los impactos por caída cuando se usa bien con electrodos de Cu (electrodos de Cu-OSP, es decir, unos que se revisten en la parte de arriba con un flujo hidrosoluble de Cu) y con electrodos de Ni (electrodos electrolíticos Ni/Au o electrodos sin electricidad Ni/Pd/Au). Suprimir los defectos de fusión se asocia a una disminución en la aparición de fallos iniciales en un procedimiento de fabricación. Hasta ahora, era necesario seleccionar una composición de acuerdo con las propiedades demandadas de productos. Sin embargo, debido a que una bola de soldadura de acuerdo con la presente invención tiene resistencia tanto a impactos por caída como a fatiga térmica, es posible aplicar la bola de soldadura a un amplio intervalo de campos desde dispositivos portátiles

hasta ordenadores personales y equipo montado en vehículos y al nuevo campo de ordenadores personales móviles que se está desarrollando rápidamente.

**Explicación de los símbolos**

- |    |    |  |
|----|----|--|
|    | 1  | parte de BGA   |
| 5  | 2  | sustrato de montaje                                    |
|    | 3  | fusión de perla de soldadura                           |
|    | 4  | defecto de fusión de perla de soldadura                |
|    | 5  | bola de soldadura después de calentar para el montaje  |
|    | 6  | pasta de soldadura después de calentar para el montaje |
| 10 | 7  | porción de un defecto de fusión                        |
|    | 8  | compuesto que impide la fusión                         |
|    | 9  | electrodo de BGA                                       |
|    | 10 | capa de compuesto intermetálico Cu6Sn5                 |

## REIVINDICACIONES

1. Una bola de soldadura sin plomo que se instala para su uso como un electrodo en una superficie posterior de un sustrato de módulo para una BGA o un CSP a soldarse a una placa de circuito impresa usando una pasta de soldadura, teniendo la bola de soldadura una composición de soldadura que consiste en un 1,6 - 2,9 % en masa de Ag, un 0,7 - 0,8 % en masa de Cu y un 0,05 - 0,08 % en masa de Ni, opcionalmente al menos uno de los siguientes (i) y (ii) y un remanente de Sn:
- 5 (i) al menos un elemento seleccionado de Fe, Co y Pt en una cantidad total de un 0,003 - 0,1 % en masa y  
(ii) al menos un elemento seleccionado de Bi, In, Sb, P y Ge en una cantidad total de un 0,003 - 0,1 % en masa.
- 10 2. Una bola de soldadura sin plomo como se define en la reivindicación 1 en la que la composición de soldadura consiste en un 1,9 - 2,3 % en masa de Ag, un 0,7 - 0,8 % en masa de Cu y un 0,05 - 0,08 % en masa de Ni, opcionalmente al menos uno de (i) y (ii) y un remanente de Sn.
3. Una bola de soldadura sin plomo como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2 **caracterizada porque** la composición de soldadura contiene al menos un elemento seleccionado de Fe, Co y Pt en una cantidad total de un 0,003 - 0,1 % en masa.
- 15 4. Una bola de soldadura sin plomo como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2 **caracterizada porque** la composición de soldadura contiene al menos un elemento seleccionado de Bi, In, Sb, P y Ge en una cantidad total de un 0,003 - 0,1 % en masa.
5. Una bola de soldadura sin plomo como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 en la que la bola de soldadura tiene un diámetro de al menos 0,1 mm.
- 20 6. Una bola de soldadura sin plomo como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 en la que la bola de soldadura tiene un diámetro de al menos 0,3 mm.
7. Una bola de soldadura sin plomo como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 en la que la bola de soldadura tiene un diámetro de al menos 0,5 mm.
- 25 8. Un procedimiento para formar perlas de soldadura en un sustrato de módulo que tiene electrodos, en el que la soldadura se realiza usando una bola de soldadura como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7.
9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que una parte electrónica que tiene las bolas de soldadura conectadas a la misma se monta sobre un sustrato de montaje sobre el que se imprimió una pasta de soldadura y en el que el montaje se lleva a cabo con el lado del electrodo del sustrato del módulo al que las bolas de soldadura se conectan mirando hacia abajo con respecto al sustrato de montaje, y en el que el calentamiento se lleva a cabo después para fundir la pasta de soldadura y las bolas de soldadura dando lugar a la fusión.
- 30 10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que las perlas de soldadura se forman en el sustrato de módulo que tiene electrodos seleccionados de electrodos electrolíticos de Ni/Au, electrodos sin electricidad de Ni/Pd/Au y electrodos de Cu-OSP.
- 35 11. Un uso de una bola de soldadura sin plomo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 para suprimir la aparición de defectos de fusión con pasta de soldadura, en el que una parte electrónica que tiene las bolas de soldadura conectadas a la misma se monta sobre un sustrato de montaje sobre el que se imprimió una pasta de soldadura, y en el que el montaje se lleva a cabo con el lado del electrodo del sustrato del módulo al que las bolas de soldadura se conectan mirando hacia abajo con respecto al sustrato de montaje, y en el que el calentamiento se lleva a cabo después para fundir la pasta de soldadura y las bolas de soldadura dando lugar a la fusión.
- 40

FIGURA 1

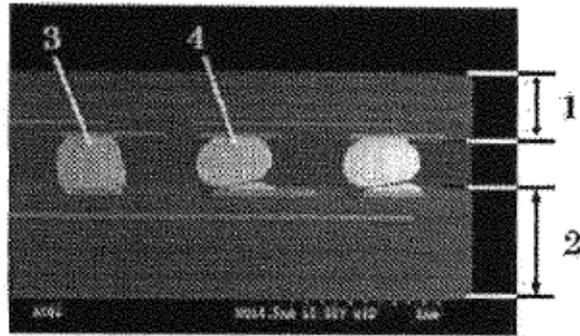


FIGURA 2

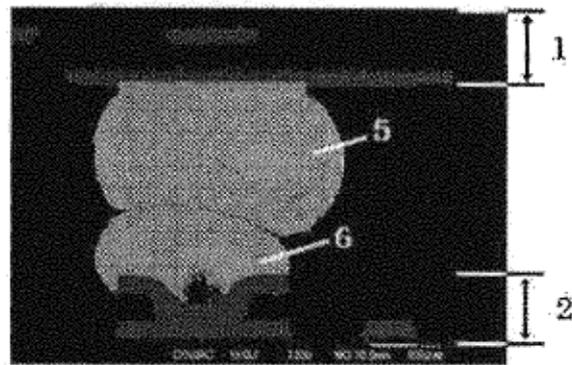


FIGURA 3

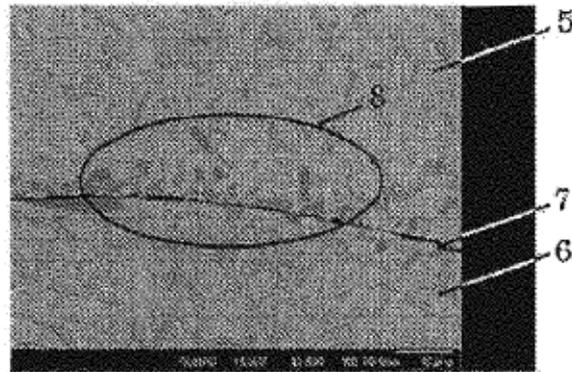


FIGURA 4



FIGURA 5

