

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 246**

51 Int. Cl.:

B23K 35/26 (2006.01)

C22C 13/00 (2006.01)

C22C 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2016** **E 16200965 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018** **EP 3173182**

54 Título: **Aleación de soldadura**

30 Prioridad:

30.11.2015 JP 2015233363

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

31.10.2018

73 Titular/es:

SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD. (100.0%)
23 Senju-Hashido-cho Adachi-ku
Tokyo, 120, JP

72 Inventor/es:

YOSHIKAWA, SHUNSAKU y
NOMURA, HIKARU

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 688 246 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

Aleación de soldadura

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una aleación de soldadura que suprime las anomalías del filete.

10 **Antecedentes**

10 Un sustrato montado que incluye una placa impresa y componentes electrónicos montados sobre él se usa en electrodomésticos tales como lavadoras, refrigeradores y aires acondicionados, y equipos electrónicos como televisores, videos, radios, ordenadores, fotocopiadoras y equipos de comunicación. Además de un sustrato de una sola capa, se usa un sustrato laminado que incluye una pluralidad de sustratos en un sustrato montado para obtener
15 funciones satisfactorias. Como método para la conducción entre sustratos y un método para montar componentes electrónicos sobre un sustrato, sus ejemplos incluyen un método para conectar mediante montaje en superficie y un método para montar insertando un terminal en un orificio de un sustrato. Como etapa de montaje en una placa impresa, sus ejemplos incluyen soldadura por flujo, soldadura por reflujo, soldadura manual y similares. De ellos, se usa el método para el montaje mediante la inserción de un terminal en un orificio de exploración como el montaje de
20 componentes electrónicos que tienen un cierto grado de tamaño desde los puntos de vista de la resistencia de conexión y similares. Generalmente se utiliza la soldadura de flujo como etapa de montaje.

Por ejemplo, el Documento de Patente 1 desvela la aleación de soldadura de Sn-Cu-P-Bi como aleación de soldadura para la soldadura por flujo. Esta aleación de soldadura es excelente en cuanto a que la humectabilidad se
25 mejora mediante la adición de P y adicionalmente se reduce la temperatura de fusión mediante la adición de Bi, con lo que se puede suprimir la aparición de un problema en el funcionamiento de los componentes electrónicos montados. Sin embargo, en el caso de insertar un terminal en un orificio pasante y realizar soldadura por flujo, se requieren investigaciones adicionales además de la mejora en la humectabilidad de una soldadura.

30 Un terminal insertado en un orificio pasante está conectado a una placa impresa a través de un filete de soldadura (denominado en lo sucesivo simplemente "filete") formado entre una tierra de una placa impresa y el terminal. En tal caso, a veces se produce el fenómeno de despegue en el filete dependiendo de la composición de la aleación de soldadura para formar el filete y un estado de laminación de la placa. El fenómeno de despegue es un fenómeno en el que se genera una brecha entre la tierra y el filete, y este fenómeno da lugar a una mala conducción entre la placa
35 y el terminal. En vista de esto, se han realizado varias investigaciones para suprimir el fenómeno de despegue.

Por ejemplo, el Documento de Patente 2 desvela una aleación de soldadura de Sn-3Ag-xBi-0,5Cu ($x = 0, 1, 2, 3$ o 4 , las unidades son en % en masa) para mantener una alta fiabilidad de la fuerza de conexión de los componentes electrónicos montados en la superficie. Este documento de patente describe los resultados de la investigación de la
40 relación entre el contenido de Bi y el fenómeno de despegue, la fuerza o la cavidad de contracción, y desvela los resultados de que esas propiedades se satisfacen cuando el contenido de Bi es el 0 % en masa o el 1 % en masa. Este documento de patente desvela además una temperatura de solidus y una temperatura de liquidus de esas composiciones de aleación. El Documento de Patente 3 propone una aleación de soldadura de Sn-0,7Cu-(0,35 o 0,7)Bi con el fin de mejorar la resistencia de unión sin usar Ag. Este documento de patente desvela que la aparición
45 del fenómeno de despegue y similares se acelera mediante la adición de Bi. El Documento de Patente 4 propone que, en una aleación de soldadura de Sn-Ag-Bi-In, el contenido de Bi sea del 0,1 al 5 % en peso y el contenido de In del 3 al 9 % en peso, y adicionalmente que el coeficiente de expansión lineal de una placa se encuentre en un rango predeterminado, para evitar la generación de grietas incluso después del ciclo térmico en los componentes electrónicos montados en la superficie. Este documento de patente describe además que el fenómeno de despegue
50 se produce mediante la adición de una gran cantidad de Bi.

El Documento de Patente 5 desvela aleaciones de soldadura que comprenden el 0,08-3 % en peso de Bi, el 0,15-1,5 % en peso de Cu, el 0,1-1,5 % en peso de Ag y al menos uno de los siguientes elementos: el 0,02-0,3 % en peso de Ni, el 0,008-0,2 % en peso de Mn, el 0,01-0,3 % en peso de Co, el 0,01-0,3 % en peso de Cr, el 0,02-0,3 % en peso de Fe, y el 0,008-0,1 % en peso de Zr, siendo el resto Sn e impurezas inevitables.

55 El Documento de Patente 6 describe una aleación de tipo Sn-Bi de soldadura que contiene Sn como elemento principal, el 0,3-2,0 % en masa de Cu, el 0,01-0,2 % en masa de Ni, y el 0,1-3,0 % en masa de Bi.

El Documento de Patente 7 desvela una aleación de soldadura libre de Pb que comprende el 0,1-5 % en peso de Ag, el 0,1-5 % en peso de Cu, un primer dopante de no más del 10 % en peso, el primer dopante que comprende al menos un elemento seleccionado de un grupo constituido por Sb, Bi, Cd, In, Ag, Au, Ni, Ti, Zr, y Hf, un segundo dopante de no más del 10 % en peso, y el segundo dopante que comprende al menos un elemento seleccionado de
60 un grupo constituido por Ge, Zn, P, K, Cr, Mn, Na, V, Si, Al, Li, Mg y Ca, y Sn como la parte restante.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

- 5 Documento de Patente 1: Patente japonesa n.º 4225165
- Documento de Patente 2: JP-A-2003-046229
- Documento de Patente 3: JP-A-2001-225188
- Documento de Patente 4: JP-A-2010-206006
- Documento de Patente 5: EP-A-1 841 561
- 10 Documento de Patente 6: US-A-2015/146394
- Documento de Patente 7: US-A-2007/295528

Sumario de la invención

15 Problemas que la invención debe resolver

Por lo tanto, los Documentos de Patente 2 a 4 describen que el Bi causa la aparición del fenómeno de despegue, pero existen los siguientes problemas respectivos en la conexión entre tierra y un terminal.

20 El Documento de Patente 2 describe una aleación de soldadura de Sn-Ag-Cu en la que el Bi es el 0 % en masa. Sin embargo, la aleación de soldadura no contiene Bi y, por lo tanto, existe el problema de que el filete se deteriora por fatiga térmica. Este documento de patente desvela además una aleación de soldadura que contiene Bi en una cantidad del 1 % en masa o más. Sin embargo, el fenómeno de despegue se juzga utilizando solo seis conectores de terminal, cada uno con 6 terminales (36 sitios en total), y esto es insuficiente para juzgar el fenómeno de despegue. La aleación de soldadura contiene Bi en una cantidad del 1 % en masa o más, y por lo tanto se considera que existe la posibilidad de que ocurra un fenómeno de despegue cuando los sitios de evaluación se incrementan aún más. Además, la temperatura de liquidus y la temperatura de solidus descritas en el Documento de Patente 1 son una temperatura en un estado de equilibrio, y no se refleja la situación real cuando se une y cuando se enfría. Además, las propiedades de una aleación de soldadura en una región de coexistencia sólido-líquido varían mucho dependiendo de la composición de la aleación incluso en un estado de equilibrio, y debido a esto, también difiere el tiempo hasta que una aleación de soldadura se solidifique hasta tal punto que un terminal no se separe. Por esta razón, la aparición del fenómeno de despegue no se puede suprimir suficientemente cuando se describen meramente una temperatura de liquidus y una temperatura de solidus. En otras palabras, el fenómeno de despegue no se puede suprimir de forma suficiente simplemente especificando una temperatura de liquidus y una temperatura de solidus en un estado de equilibrio.

40 El Documento de Patente 3 desvela una aleación de soldadura de Sn-Cu-Bi que tiene un contenido de Bi del 0,35 % en masa o del 0,7 % en masa. Como se ha descrito anteriormente, el fenómeno de despegue es un fenómeno en el que se forma un hueco entre tierra y un filete, y se produce por segregación de Bi en una aleación de soldadura durante la solidificación. Este documento de patente desvela que el Bi es responsable de causar el defecto del fenómeno de despegue. Sin embargo, las propiedades de una aleación de soldadura en una región de existencia sólido-líquido difieren enormemente, y el espesor de una placa y el índice de laminación de la misma también difieren, además de la temperatura de una soldadura a chorro durante la soldadura por flujo. A partir de esos hechos, hay un caso en el que la aparición del fenómeno de despegue no se puede suprimir inmediatamente al enfocarse solo en una composición de aleación.

50 El In es un elemento esencial en el Documento de Patente 4, y por lo tanto, es probable que se forme una película de óxido de In. Como resultado, la aleación de soldadura se vuelve pegajosa, y el puente de soldadura y los témpanos de soldadura son susceptibles de generarse en el filete, y cuando los terminales se conectan eléctricamente entre sí, se produce una conexión deficiente.

55 Por lo tanto, convencionalmente el fenómeno de despegue solo se ha considerado como una mala conexión en el filete. El problema en el filete no es solo el fenómeno de despegue, sino que incluye la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura. Por lo tanto, es necesario resolver esas anomalías del filete basándose en la situación real.

60 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una aleación de soldadura capaz de suprimir la aparición de anomalías del filete, más específicamente, suprimir tanto la generación del fenómeno de despegue como la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura en un filete, y además suprimir el deterioro por fatiga térmica.

Medios para resolver los problemas

65 Los presentes inventores han realizado investigaciones serias sobre la aleación de soldadura de Sn-Bi capaz de suprimir el deterioro por fatiga térmica en aleaciones de soldadura sin plomo. Los presentes inventores se han centrado primero en el hecho de que, además del ajuste del contenido de Bi a un rango predeterminado para

suprimir la aparición del fenómeno de despegue, es necesario considerar el intervalo de tiempo durante la solidificación, causado por el espesor de una placa y el índice de laminación. El fenómeno de despegue ocurre por la segregación de Bi como se ha descrito anteriormente. En el caso de realizar soldadura por flujo, un lado de la soldadura a chorro de una placa es difícil de enfriar, y un lado opuesto al lado de la soldadura a chorro se enfría inmediatamente. Esto se vuelve aún más notable en una placa laminada. Por lo tanto, la aparición del fenómeno de despegue se puede suprimir considerando el intervalo de tiempo en el enfriamiento.

En vista de lo anterior, los presentes inventores han considerado el intervalo de tiempo durante la solidificación además de una composición de aleación de soldadura para suprimir la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura, y han realizado investigaciones adicionales. Se prefiere, como condiciones para realizar la soldadura por flujo con aleación de soldadura de Sn-Bi, que la aleación de soldadura se encuentre sustancialmente en una fase completamente líquida a 235 °C y adicionalmente sea principalmente una fase sólida a 210 °C. Se considera que la razón por la cual una fase sólida permanece a 235 °C está causada por la aleación de soldadura restante sin fundir. Cuando la cantidad de la aleación de soldadura restante sin fundir es grande, es probable que se convierta en la causa de los puentes de soldadura y témpanos de soldadura en un filete. Por otro lado, cuando permanece una fase líquida a 210 °C, es probable que se convierta en la causa de la aparición del fenómeno de despegue por segregación durante la solidificación.

En la siguiente descripción, el término "relación de fase sólida" significa una proporción de una fase sólida ocupada en el volumen total de una aleación de soldadura a una temperatura determinada, y el término "relación de fase líquida" significa una proporción de una fase líquida ocupada en todo el volumen de una aleación de soldadura a una temperatura determinada.

La relación de fase sólida y la relación de fase líquida utilizadas en las investigaciones anteriores se obtienen basándose en una composición de aleación de una aleación de soldadura, pero no se obtiene directamente de la composición de aleación. Un rango de temperatura entre una temperatura de liquidus y una temperatura de solidus es una región de coexistencia sólido-líquido en un diagrama de equilibrio. Sin embargo, las propiedades de la aleación de soldadura en la región de coexistencia sólido-líquido no pueden determinarse inmediatamente a partir del diagrama de equilibrio, considerando la situación real de la soldadura por flujo. Además, incluso si la condición de la soldadura por flujo ha sido un estado de equilibrio, una fase sólida y una fase líquida no aumentan y disminuyen unitariamente en un intervalo desde una temperatura de liquidus a una temperatura de solidus. Las proporciones de una fase sólida y una fase líquida varían dependiendo de una composición de aleación y una temperatura de una aleación de soldadura en un baño de soldadura a chorro. Por lo tanto, los presentes inventores han realizado investigaciones adicionales sobre la relación entre la relación de fase sólida y la relación de fase líquida, obtenidas considerando una composición de aleación y un intervalo de tiempo, y anomalías del filete.

Como resultado, los presentes inventores podrían haber obtenido el hallazgo de que cuando la relación de fase sólida a 235 °C y la relación de fase líquida a 210 °C están en un rango predeterminado, todas las propiedades descritas anteriormente se satisfacen en un rango predeterminado de contenido de Bi. En otras palabras, han obtenido el hallazgo de que cuando el contenido de Bi, la relación de fase sólida y la relación de fase líquida están en rangos predeterminados, respectivamente, se puede suprimir la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura y además puede mejorarse la resistencia a la fatiga térmica, incluso si se tiene en cuenta el intervalo de tiempo durante la solidificación. Todas las condiciones durante la soldadura de flujo real no se cumplirían especificando la relación de fase sólida y la relación de fase líquida, pero la presencia o ausencia de anomalías del filete durante la soldadura por flujo puede juzgarse de manera relativa especificando esas relaciones de fase. Incluso en una composición de aleación de soldadura de Sn-Bi que contiene Ag, Cu, P o similares, se ha obtenido sustancialmente el mismo resultado del contenido de Bi, relación de fase sólida y relación de fase líquida cuando los contenidos de esos elementos están en rangos predeterminados.

Además, se ha obtenido el siguiente hallazgo: en una composición de aleación de aleación de soldadura de Sn-Bi que contiene Ag, es probable que se produzca un fenómeno de despegue por una interacción entre el Bi y la Ag. Por esta razón, se ha obtenido el siguiente hallazgo: en el caso de que la aleación de soldadura de Sn-Bi contenga Ag, todas las propiedades descritas anteriormente se satisfacen ajustando el contenido de Ag en un rango predeterminado y adicionalmente especificando el contenido total de Ag y Bi.

Además, en el caso en que la aleación de soldadura de Sn-Bi contiene Cu, cuando el contenido de Cu excede el 0,7 % en masa, se incrementa rápidamente la temperatura de liquidus y se extiende una región de coexistencia sólido-líquido. Por otro lado, se ha obtenido el siguiente descubrimiento: cuando el contenido de Cu es del 0,7 % en masa o menos, la región de coexistencia sólido-líquido no se extiende sustancialmente, y las propiedades descritas anteriormente se satisfacen aunque se tenga en cuenta el intervalo de tiempo durante la solidificación.

La presente invención lograda sobre la base dichos hallazgos es la siguiente.

(1) Una aleación de soldadura para formar un filete, la aleación de soldadura que tiene una composición de aleación que consiste, en % en masa:

Bi: 0,1 a 0,8 %;
 Ag: 0 a 0,3 %; y
 Cu: 0 a 0,7 %,
 P: 0,001 a 0,1 %,
 5

siendo el resto Sn, e impurezas inevitables,
 en el que la cantidad total de Ag y Bi es del 0,3 al 0,8 %, y la aleación de soldadura no contiene In, Ni, Zn, Al y
 Sb, y T en la que la aleación de soldadura tiene una relación de fase sólida a 235 °C del 0,02 % en volumen o
 10 menos, y una relación de fase líquida a 210 °C del 5,0 % en volumen o menos, la relación de fase sólida y la
 relación de fase líquida se calculan utilizando "Pandat" fabricado por Material Design Technology Co. Ltd.

Una junta de soldadura que tiene la composición de aleación de acuerdo con el punto (1) anterior. En la presente
 invención, la "relación de fase sólida a 235 °C" significa una proporción de una fase sólida ocupada en todo el
 volumen de la aleación de soldadura a 235 °C. La "relación de fase líquida a 215 °C" significa una proporción de una
 15 fase líquida ocupada en todo el volumen de la aleación de soldadura a 215 °C.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un gráfico que muestra la relación entre Bi (+ Ag) y una relación de fase líquida a 210 °C en una
 20 aleación de soldadura de Sn-Bi-(Ag)-(Cu)-(P).

Modo para llevar a cabo la invención

La presente invención se describe en detalle a continuación. En la presente descripción, a menos que se indique lo
 25 contrario, "%" en una composición de aleación de soldadura es "% en masa".

1. Composición de aleación

(1) Bi: 0,1 a 0,8 %
 30

El Bi es un elemento necesario para mejorar la resistencia a la fatiga térmica. El contenido de Bi es del 0,1 % o más,
 y preferiblemente del 0,2 % o más. Por otro lado, cuando se añade Bi en una gran cantidad, se produce una notable
 segregación durante la solidificación por el aumento de una región de coexistencia sólido-líquido, y se incrementa la
 frecuencia de aparición del fenómeno de despegue. Por lo tanto, el contenido de Bi es del 0,8 % o menos, y
 35 preferiblemente del 0,6 % o menos.

(2) Ag: 0 a 0,3 %

La Ag es un componente opcional que puede mejorar la resistencia a la fatiga térmica. Cuando se añade Ag, el
 40 contenido de Ag es preferiblemente del 0,1 % o más. Cuando se añade Ag junto con Bi, la segregación durante la
 solidificación se acelera mediante la adición de Bi, y aumenta la frecuencia de aparición del fenómeno de despegue.
 Por esta razón, el contenido de Ag es del 0,3 % o menos, y preferiblemente del 0,2 % o menos.

(3) Ag + Bi: 0,3 a 0,8 %
 45

No se ha considerado que la adición de Ag sola a Sn cause la aparición del fenómeno de despegue. Sin embargo,
 en el caso en que se añaden tanto Ag como Bi a una aleación de soldadura, esto acelera la segregación de Bi
 durante la solidificación en comparación con el caso de añadir solo Bi, y como resultado, es probable que ocurra un
 fenómeno de despegue. Por esta razón, el total del contenido de Ag y contenido de Bi es del 0,8 % o menos, y
 50 preferiblemente del 0,6 % o menos. Por otro lado, la adición de Ag y Bi suprime el deterioro por fatiga térmica. Para
 exhibir este efecto, el contenido total de Ag y Bi es del 0,3 % o más. La supresión de la aparición del fenómeno de
 despegue y del deterioro del filete se observa de manera similar en el caso de la adición de Bi solo como se ha
 descrito anteriormente. Por lo tanto, incluso en el caso en que no haya Ag contenida, se aplica este rango.
 Específicamente, en el caso en que no haya Ag contenida, el contenido de Bi es del 0,3 al 0,8 %.

(4) Cu: 0 a 0,7 %
 55

El Cu es un elemento opcional que puede mejorar la resistencia de una aleación de soldadura. La adición excesiva
 de Cu aumenta notablemente el punto de fusión de una aleación de soldadura, lo que facilita la generación de
 60 puentes de soldadura y témpanos de soldadura. Cuando se añade Cu en una cantidad del 0,7 %, el Cu forma un
 cristal eutéctico junto con el Sn. Sin embargo, cuando se añade Cu en una cantidad del 0,7 % o menos, casi no se
 extiende una región de coexistencia sólido-líquido. Por esta razón, el contenido de Cu es preferiblemente del 0,7 % o
 menos, y más preferiblemente del 0,6 % o menos. En el caso en que la aleación de soldadura de la presente
 invención se use para la soldadura por flujo, se consideraría el caso siguiente: el Cu se usa en gran medida en
 65 cableados y los terminales de una placa eluyen en un baño de soldadura. En tal caso, si el contenido de Cu en la
 aleación de soldadura no se reduce, una composición de una aleación en el baño de soldadura se desplaza a un

lado de cristal hipereutético, lo que da como resultado el aumento de un punto de fusión, y esto puede conducir a anomalías del filete. Por esta razón, es mejor que el contenido de Cu disminuya apropiadamente dependiendo de la cantidad de Cu en el baño de soldadura. El contenido de Cu es preferiblemente del 0,5 % o menos, más preferiblemente del 0,4 % o menos, aún más preferiblemente del 0,3 % o menos, y en particular preferiblemente del 0 %.

Por otro lado, el Cu puede exhibir un efecto de prevención de la corrosión del Cu en el caso de que la tierra sea Cu, además de la mejora de la resistencia. Cuando está contenido el Cu, el contenido de Cu es preferiblemente del 0,05 % o más, más preferiblemente del 0,1 % o más, y aún más preferiblemente del 0,2 % o más.

(5) P: 0,001 a 0,1 %

El P puede suprimir la oxidación de Sn y puede mejorar la humectabilidad. La adición excesiva de P obstaculiza la fluidez de una soldadura en la superficie de la soldadura y dificulta la operación de soldadura. Por esta razón, el contenido de P es del 0,1 % o menos, preferiblemente del 0,01 % o menos, y más preferiblemente del 0,008 % o menos. Por otra parte, para exhibir el efecto de adición de P, el contenido de P es del 0,001 % o más.

(6) Resto: Sn

El resto de la aleación de soldadura en la presente invención es Sn. La aleación de soldadura puede contener impurezas inevitables además de los elementos descritos anteriormente. Incluso en el caso donde la aleación de soldadura contiene impurezas inevitables, las impurezas inevitables no afectan los efectos descritos anteriormente. Además, como se describe a continuación, aunque los elementos que no están definidos en la presente invención están contenidos como impurezas inevitables, estos no afectan a los efectos descritos anteriormente. En la presente invención, incluso si la composición de aleación está definida por el término cerrado (es decir, el término "que consiste en"), el término cerrado (es decir, "que consiste en") no excluye la incorporación de impurezas inevitables.

(7) In, Ni, Zn, Al y Sb

La aleación de soldadura en la presente invención no contiene In, Ni, Zn, Al y Sb para suprimir las anomalías del filete. Esos elementos se añaden con frecuencia a una aleación de soldadura para mejorar las características del ciclo térmico. Sin embargo, en la presente invención, si están contenidos In y Zn, se forman películas de óxido de In y Zn. Como resultado, la aleación de soldadura se vuelve pegajosa, y es probable que se generen puentes de soldadura y témpanos de soldadura en un filete. El Ni, Al y Sb forman compuestos con el Sn y la Ag en la aleación de soldadura, y como resultado, provocan que la aleación de soldadura restante quede sin fundir durante la fusión, generando así puentes de soldadura y témpanos de soldadura en un filete.

2. Relación de fase sólida a 235 °C: 0,02 % en volumen o menos, y relación de fase líquida a 210 °C: 5,0 % en volumen o menos

En la aleación de soldadura en la presente invención, la relación de fase sólida a 235 °C es del 0,02 % en volumen o menos y la relación de fase líquida a 210 °C es del 5,0 % en volumen o menos, además de los requisitos de la composición de aleación descritos anteriormente.

Como anomalías del filete, se ejemplifican la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura, además del fenómeno de despegue investigado convencionalmente. Aunque podría suprimirse la aparición del fenómeno de despegue, si se generan puentes de soldadura formados entre terminales y témpanos de soldadura, los instrumentos electrónicos no funcionan normalmente por una mala conexión. Para suprimir la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura, la información obtenida de una composición de aleación y un diagrama de equilibrio no es suficiente, y es preferible definir la relación de fase sólida y la relación de fase líquida a temperaturas predeterminadas obtenidas basándose en ellas.

En la presente invención, la relación de fase sólida a 235 °C es del 0,02 % en volumen o menos. La razón de esto es que, en el caso de realizar soldadura por flujo utilizando aleación de soldadura de Sn-low Bi con un bajo contenido de Bi, la temperatura de fusión de una soldadura a chorro es de 235 °C o superior. Es decir, se prefiere que la aleación de soldadura se funda por completo a una temperatura de al menos 235 °C, y que la aleación de soldadura restante sin fundir no provoque que haya presentes puentes de soldadura y témpanos de soldadura. Para evitar la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura en un filete en placas impresas actuales, la relación de fase sólida a 235 °C es del 0,02 % en volumen o menos, y más preferiblemente del 0 % en volumen.

En la presente invención, la relación de fase líquida a 210 °C es del 5,0 % en volumen o menos. En la aleación de soldadura de Sn-low Bi, la solidificación avanza rápidamente a aproximadamente 210 °C, y si está presente una fase líquida en una cantidad que excede una cantidad predeterminada, la fase líquida provoca la segregación durante la solidificación. La segregación durante la solidificación aumenta la posibilidad que da lugar a la aparición del fenómeno de despegue. Con el fin de evitar la aparición del fenómeno de despegue, la relación de fase líquida a 210 °C es del 5,0 % en volumen o menos, más preferiblemente del 4,0 % en volumen o menos, y aún más

preferiblemente del 3,64 % en volumen o menos. El límite inferior de la relación de fase líquida no está particularmente limitado, y la aparición del fenómeno de despegue puede suprimirse ya que la relación de fase líquida a 210 °C es menor.

5 La relación de fase líquida y la relación de fase sólida definidas en la presente invención se obtienen como resultado de la consideración de una composición de aleación y el intervalo de tiempo correspondiente a la diferencia en las condiciones de refrigeración en la superficie frontal o superficie posterior de una placa durante la soldadura por flujo. Se pueden obtener realizando una simulación de cálculo de la aleación de Sn-low Bi basada en la ecuación relacional de Scheil usando valores de propiedades físicas termodinámicas de los elementos. Como el gradiente del cambio de temperatura varía con el transcurso del tiempo, es difícil captar el gradiente del cambio de temperatura en cada condición real de unión. Por lo tanto, en la presente invención, el intervalo de tiempo en la soldadura por flujo se convierte en el valor calorífico, y se obtuvieron la relación de fase sólida y la relación de fase líquida.

15 El método de cálculo de la relación de fase sólida y la relación de fase líquida en la presente invención se describe en detalle a continuación.

La relación entre la relación de fase sólida/relación de fase líquida y la temperatura se puede obtener midiendo mediante análisis térmico tal como DSC. Sin embargo, en el caso del análisis térmico, es necesario realizar el aumento/descenso de la temperatura en condiciones predeterminadas, y es difícil decir que se reflejan las condiciones reales de unión. Por lo tanto, en la presente invención se utilizó una base de datos termodinámica de propósito general tal como termo-calc. Sin embargo, es necesario considerar el cambio de una relación de fase sólida que involucra la solidificación. Por lo tanto, se utilizó la ecuación de Scheil o el módulo de Scheil que es un modelo completamente mixto de fase líquida (modelo sin difusión en fase sólida). La ecuación de Scheil generalmente se aplica a una aleación binaria o de menos elementos, y el módulo de Scheil se aplica a una aleación ternaria o de más elementos. Por supuesto, el módulo de Scheil se puede aplicar a una aleación binaria o de menos elementos.

30 Cuando se usa la ecuación de Scheil, se puede obtener la relación entre una relación de fase sólida y la temperatura usando un coeficiente de distribución sólido-líquido obtenido de una concentración de soluto en una fase sólida y una concentración de soluto en una fase líquida, o una base de datos termodinámica de uso general. Además, cuando se usa el módulo de Scheil, se puede calcular una relación de fase sólida a una temperatura predeterminada repitiendo los procedimientos de adición, como una fase sólida, de una parte en la que una fase líquida cambia parcialmente a una fase sólida cuando la temperatura disminuye en 1 °C para formar una fase líquida con una nueva concentración y bajando la temperatura. Más específicamente, la relación de fase sólida y la relación de fase líquida se pueden calcular usando "Pandat" fabricado por Material Design Technology Co., Ltd.

La relación de fase sólida y la relación de fase líquida correspondientes a diversos procesos de solidificación se pueden obtener utilizando este método.

40 Como resultado del cálculo, quedó claro que el proceso de solidificación difiere en la aleación de soldadura de Sn-Bi-(Ag)-(Cu)-(P). La relación de fase sólida y la relación de fase líquida en la presente invención muestran un índice para suprimir la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura además de la aparición del fenómeno de despegue, y no pueden obtenerse solo por una composición de aleación. El efecto de la presente invención se puede exhibir primero usando este índice. Es decir, existía el caso en el que se usaban convencionalmente la relación de fase sólida y la relación de fase líquida. Sin embargo, para suprimir la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura como en la presente invención, un índice que utiliza tanto la relación de fase sólida a 235 °C como la relación de fase líquida a 210 °C habiendo considerado un proceso de solidificación de la soldadura de flujo real es un nuevo índice que no se ha utilizado antes. La relación de fase sólida y relación de fase líquida en la presente invención obtenidas por simulación no reflejan todas las condiciones durante la soldadura de flujo real, pero no difieren relativamente en la relación de tamaño de la relación de fase sólida y la relación de fase líquida en la soldadura por flujo real. Por lo tanto, la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura pueden suprimirse satisfaciendo la relación de fase sólida y la relación de fase líquida en la presente invención.

55 3. Usos

La aleación de soldadura en la presente invención puede exhibir el efecto en diversos métodos de soldadura, particularmente en la soldadura por flujo. La aleación de soldadura es eficaz en el caso de la soldadura por flujo conductor para una placa laminada que incluye una pluralidad de sustratos que han sido laminados. Cuando se usa una soldadura a chorro en soldadura por flujo durante un largo periodo de tiempo, su composición puede cambiar. Por lo tanto, la aleación de soldadura se puede usar como soldadura de reposición para obtener una soldadura a chorro que tenga una composición deseada. En este caso, la soldadura de reposición se puede reponer después de ajustar la composición dentro del rango de la presente invención. La temperatura de la soldadura a chorro en el caso de la soldadura por flujo conductor es de aproximadamente 230 a 240 °C. Además, se pueden ajustar apropiadamente otras condiciones de unión dependiendo de la composición de la aleación, la relación de fase sólida y la relación de fase líquida de la aleación de soldadura.

Ejemplos

5 La relación de fase sólida a 235 °C, la relación de fase líquida a 210 °C, la fiabilidad (fatiga térmica) y las anomalías del filete se evaluaron usando aleaciones de soldadura que tienen las composiciones de aleación mostradas en la Tabla 1. Cada método de evaluación se describe a continuación.

(1) Relación de fase sólida a 235 °C y relación de fase líquida a 210 °C

10 La relación de fase sólida y la relación de fase líquida en los ejemplos se calcularon usando "Pandat" fabricado por Material Design Technology Co., Ltd. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

(2) Fiabilidad (fatiga térmica)

15 La fiabilidad en los ejemplos se evaluó usando características de resistencia a la fatiga térmica.

20 Se prepararon doce resistencias de 4 terminales galvanizadas con Sn, se insertaron sus terminales en orificios pasantes de una placa de vidrio impresa con epoxi (CEM-3), y se realizó una soldadura por flujo. La soldadura por flujo se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones de prueba utilizando Flow Simulator FS-1 fabricado por Malcom Co., Ltd.

Condiciones de la prueba

Baño de soldadura: Flow Simulator FS-1 fabricado por Malcom Co., Ltd.

Cantidad de soldadura: 15 kg

25 Flujo: Flux (nombre comercial: ES-1061SP2) fabricado por Senju Metal Industry Co., Ltd.

Temperatura de soldadura en el baño de soldadura: 255 °C

30 La placa impresa soldada se colocó en un aparato de prueba automático de tipo tanque doble en el que las condiciones de baja temperatura son de -40 °C durante 30 minutos y las condiciones de alta temperatura son de +85 °C durante 30 minutos. La placa impresa se extrajo del aparato en el ciclo 500, y se observó la apariencia externa de los filetes (48 sitios) con un microscopio óptico. La placa en la que no se observaron grietas se evaluó como "Buena", y la placa en la que se observaron las grietas se evaluó como "Deficiente". Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

35 (3) Anomalías del filete

En los ejemplos, el fenómeno de despegue, los puentes de soldadura y los témpanos de soldadura se evaluaron como anomalías del filete. La soldadura por flujo se realizó bajo las mismas condiciones que en la prueba de fiabilidad (2) anterior, y los filetes en 48 sitios se evaluaron de la siguiente manera.

40 Puentes de soldadura y témpanos de soldadura

45 Se evaluó visualmente si se habían generado o no puentes de soldadura. Además, se observó visualmente si se habían generado o no témpanos de soldadura en un filete. Cuando se confirmaron los témpanos de soldadura, se evaluó que se habían generado témpanos de soldadura.

Fenómeno de despegue

50 Después de confirmar 48 filetes con un microscopio óptico, se cortó cada filete y se tomó una fotografía de la sección transversal con SEM. Se confirmó se el filete se había desprendido o no de tierra por fotografía SEM. Cuando está presente una porción del filete separado de tierra, incluso ligeramente en la sección transversal, se evaluó el fenómeno de despegue.

Los símbolos de las anomalías del filete en la Tabla 1 son los siguientes.

- 55
- A: No se produjeron anomalías del filete
 - B: Se produjo el fenómeno de despegue
 - C: Se generaron témpanos de soldadura
 - D: Se generaron puentes de soldadura
- 60

Tabla 1

	Composición de aleación (% en masa)											Relación de fase líquida a 210 °C (% en volumen)	Fiabilidad (fatiga térmica)	Anomalía del filete *	
	Sn	Bi	Ag	Cu	P	In	Ni	Zn	Al	Sb	Ag + Bi (% en masa)				Relación de fase sólida a 235 °C (% en volumen)
Ejemplo de referencia 1	Resto	0,3										0,00	0,61	Buena	A
Ejemplo de referencia 2	Resto	0,8										0,00	2,26	Buena	A
Ejemplo de referencia 3	Resto	0,4	0,3									0,00	2,51	Buena	A
Ejemplo de referencia 4	Resto	0,3		0,1								0,00	0,82	Buena	A
Ejemplo de referencia 5	Resto	0,3		0,6								0,00	0,74	Buena	A
Ejemplo de referencia 6	Resto	0,5	0,3									0,00	3,35	Buena	A
Ejemplo de referencia 7	Resto	0,2	0,1									0,00	1,00	Buena	A
Ejemplo de referencia 8	Resto	0,4	0,3	0,7								0,00	3,64	Buena	A
Ejemplo 1	Resto	0,3			0,003							0,00	0,61	Buena	A
Ejemplo 2	Resto	0,3			0,008							0,00	0,61	Buena	A
Ejemplo 3	Resto	0,4	0,3	0,7	0,003							0,00	3,64	Buena	A
Ejemplo Comparativo 1	Resto	0,04									0,04	0,00	0,03	Deficiente	A
Ejemplo Comparativo 2	Resto	0,9	0,2								1,1	0,00	6,00	Buena	B
Ejemplo Comparativo 3	Resto	0,8	0,40								1,2	0,00	6,06	Buena	B
Ejemplo Comparativo 4	Resto	0,10	0,10								0,2	0,00	0,41	Deficiente	A
Ejemplo Comparativo 5	Resto	0,3		1							0,3	0,03	0,72	Buena	D
Ejemplo Comparativo 6	Resto	0,3		1,5							0,3	1,70	0,72	Buena	C, D
Ejemplo Comparativo 7	Resto	0,3				6					0,3	0,00	17,48	Deficiente	C, D

Ejemplo Comparativo 8	Resto	0,3	0,7	6				0,3	0,00	26,13	Deficiente	C, D
Ejemplo Comparativo 9	Resto	0,3			0,2			0,3	0,14	0,67	Buena	D
Ejemplo Comparativo 10	Resto	0,3	0,1		0,2			0,3	0,09	0,87	Buena	D
Ejemplo Comparativo 11	Resto	0,4	0,3			0,5		0,7	0,00	7,55	Buena	C, D
Ejemplo Comparativo 12	Resto		0,3				0,5	0,3	2,14	0,00	Buena	C, D
Ejemplo Comparativo 13	Resto	0,3	0,7					0,3	26,94	0,75	Buena	D
Anomalía del filete *: A: Normal, B: fenómeno de despegue, C: témpanos de soldadura, D: puentes de soldadura												

Como se muestra en la Tabla 1, en los Ejemplos 1 a 3, no hubo problemas con respecto a la fiabilidad y no se produjeron anomalías del filete, en cualquier composición de aleación.

5 Por otro lado, en el Ejemplo Comparativo 1, el contenido de Bi es pequeño. Por lo tanto, la resistencia a la fatiga térmica fue pobre. En el Ejemplo Comparativo 2, el contenido de Bi es grande y la relación de fase líquida a 210 °C es alta. Por lo tanto, se produjo el fenómeno de despegue. En el Ejemplo Comparativo 3, el contenido de Ag es grande, Ag + Bi supera el 0,8 %, y adicionalmente la relación de fase líquida a 210 °C es alta. Por lo tanto, se produjo el fenómeno de despegue. En el Ejemplo Comparativo 4, Ag + Bi es menor que el 0,3 %. Por lo tanto, la resistencia a la fatiga térmica fue pobre. En los Ejemplos Comparativos 5 y 6, el contenido de Cu es grande, y la
10 relación de fase sólida a 235 °C es alta. Por lo tanto, la aleación de soldadura se volvió pegajosa. Además, se generaron puentes de soldadura en el Ejemplo Comparativo 5, y se generaron puentes de soldadura y témpanos de soldadura en el Ejemplo Comparativo 6.

15 Los Ejemplos Comparativos 7 y 8 contenían In, y como resultado, la relación de fase líquida a 210 °C es alta, la resistencia a la fatiga es baja, y se generaron puentes de soldadura y témpanos de soldadura. Los Ejemplos Comparativos 9 y 10 contenían Ni, y como resultado, la relación de fase sólida a 235 °C es alta, y se generaron puentes de soldadura. El Ejemplo Comparativo 11 contenía Zn, y como resultado, la relación de fase líquida a 210 °C es alta, y se generaron puentes de soldadura y témpanos de soldadura. Los Ejemplos Comparativos 12 y 13, contenían Al y Sb, respectivamente, y como resultado, la relación de fase sólida a 235 °C es alta. Además, se
20 generaron puentes de soldadura y témpanos de soldadura en el Ejemplo Comparativo 12, y se generaron puentes de soldadura en el Ejemplo Comparativo 13.

25 Para aclarar el efecto de la presente invención a partir de los resultados en la Tabla 1, a continuación se describe adicionalmente la presente invención usando la Fig. 1.

La Fig. 1 es un gráfico que muestra la relación entre el Bi (+ Ag) y una relación de fase líquida a 210 °C en una soldadura de aleación de Sn-Bi-(Ag)-(Cu)-(P). Los resultados de los Ejemplos de referencia 1 a 8, Ejemplos 1 a 3 y Ejemplos Comparativos 1 a 6, excluyendo las composiciones de aleación que contienen In, Ni, Zn, Al o Sb que tienen comportamientos muy diferentes en la región de coexistencia sólido-líquido, se representaron en la Fig. 1. De
30 la Fig. 1, cuando el Bi (+ Ag) excede el 0,8 %, la relación de fase líquida a 210 °C se incrementó enormemente, y cuando la relación de fase líquida excede el 5,0 % como en los Ejemplos Comparativos 2 y 3, se produjo el fenómeno de despegue. Por otra parte, la relación de fase líquida es baja en los Ejemplos Comparativos 1, 4, 5 y 6. Por lo tanto, aunque no se produjo el fenómeno de despegue, la resistencia a la fatiga térmica fue pobre y se generaron puentes de soldadura y témpanos de soldadura como se ha descrito anteriormente.

35 De lo anterior, la aleación de soldadura en la presente invención puede suprimir la aparición del fenómeno de despegue y la generación de puentes de soldadura y témpanos de soldadura, y puede tener una excelente resistencia a la fatiga térmica. Por lo tanto, la aleación de soldadura puede formar filetes de alta calidad ampliamente en todos los equipos electrónicos, tales como electrodomésticos y equipos de comunicación.
40

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de soldadura para formar un filete, aleación de soldadura que tiene una composición de aleación que consiste, en % en masa:

- 5
- Bi: 0,1 a 0,8 %;
 - Ag: 0 a 0,3 %;
 - Cu: 0 a 0,7 %, y
 - P: 0,001 a 0,1 %,

10

siendo el resto Sn e impurezas inevitables,
en donde la cantidad total de Ag y Bi es del 0,3 al 0,8 %, y la aleación de soldadura no contiene In, Ni, Zn, Al y Sb, y
en donde la aleación de soldadura tiene una relación de fase sólida a 235 °C del 0,02 % en volumen o menos y una
15 relación de fase líquida a 210 °C del 5,0 % en volumen, calculando la relación de fase sólida y la relación de fase líquida usando "Pandat" fabricado por Material Design Technology Co. Ltd.

2. Una junta de soldadura que tiene la composición de aleación según la reivindicación 1.

FIG. 1

