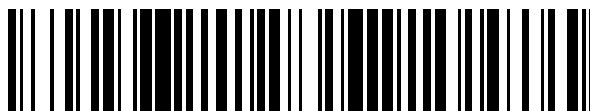


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 678**

51 Int. Cl.:

**C22C 13/02** (2006.01)

**C22C 13/00** (2006.01)

**B23K 35/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2017 PCT/JP2017/033364**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2019 WO19053866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2017 E 17910490 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2022 EP 3476520**

54 Título: **Aleación de soldadura sin plomo, sustrato de circuito electrónico y dispositivo de control electrónico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.08.2022**

73 Titular/es:

**TAMURA CORPORATION (100.0%)  
1-19-43 Higashi-Oizumi Nerima-ku  
Tokyo 178-8511, JP**

72 Inventor/es:

**ARAI MASAYA;  
NAKANO TAKESHI;  
HORI ATSUSHI;  
KATSUYAMA TSUKASA y  
MUNEKAWA YURIKA**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 921 678 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 sin plomo, sustrato de circuito electrónico y dispositivo de control electrónico

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 La presente invención se relaciona con una aleación de soldadura sin plomo, con un sustrato de circuito electrónico que comprende una junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo y un dispositivo de control electrónico.

**Técnica relacionada**

15 Como un método para unir un componente electrónico con un circuito electrónico que se forma sobre un sustrato tal como una placa de circuito impreso y una oblea de silicona, existen métodos de unión de soldadura que usan una aleación de soldadura. En la aleación de soldadura, anteriormente se usaba plomo. Sin embargo, el uso del plomo está restringido de acuerdo con la directiva de RoHS (Restricción de Sustancias Peligrosas, por su sigla en inglés) desde el punto de vista de la carga ambiental. Por consiguiente, en los últimos años, generalmente se usa un  
20 método de unión de soldadura con una denominada aleación de soldadura sin plomo, que no comprende plomo.

Como la aleación de soldadura sin plomo, por ejemplo, son muy conocidas, por ejemplo, una aleación de soldadura basada en Sn-Ag-Cu, una aleación de soldadura basada en Sn-Bi, una aleación de soldadura basada en Sn-Zn y similares. Entre éstas, las aleaciones de soldadura basadas en Sn-3Ag-0,5Cu se usan ampliamente en un  
25 dispositivo electrónico para el consumidor que se usa en un televisor, un teléfono móvil y similares y un dispositivo electrónico que está montado en un automóvil.

La soldabilidad de la aleación de soldadura sin plomo es ligeramente inferior a aquella de la aleación de soldadura que comprende plomo. Sin embargo, uno de los problemas relacionados con la soldabilidad se resolvió con una  
30 mejora del fundente o un aparato soldador. Por consiguiente, por ejemplo, incluso en el sustrato de circuito electrónico montado en un automóvil, siempre que el sustrato de circuito electrónico montado en un automóvil esté colocado en un medio ambiente relativamente moderado tal como el interior de un automóvil con una variación de temperatura, no ocurre un problema significativo incluso en una junta de soldadura que se forma usando una  
35 aleación de soldadura basada en Sn-3Ag-0,5Cu.

Sin embargo, en los últimos años, se han realizado estudios y aplicaciones prácticas, por ejemplo, placas de circuitos electrónicos usados para controladores electrónicos, en vista de su implementación en un compartimento de motor, de su montura directa sobre el motor y de su implementación en un cuerpo en donde las partes mecánicas y las partes electrónicas están integradas con un motor. Están en un medio ambiente en el cual las diferencias de  
40 temperaturas son particularmente significativas (por ejemplo, una diferencia de temperatura desde -30 °C hasta 110 °C, una diferencia de temperatura desde -40 °C hasta 125 °C y una diferencia de temperatura desde -40 °C hasta 150 °C) y se aplica una carga de vibración. En el medio ambiente en el cual la diferencia de temperatura es muy significativa, tienden a ocurrir el desplazamiento térmico de la junta de soldadura debido a una diferencia en un coeficiente de dilatación lineal entre un componente electrónico que está montado y el sustrato y un esfuerzo que  
45 acompaña al desplazamiento térmico.

La repetición de la deformación plástica debido a la diferencia de temperatura tiende a producir una grieta en una junta de soldadura. Además, un esfuerzo sobre una junta de soldadura que se aplica reiteradamente con el transcurso del tiempo se concentra en la vecindad de un extremo de la grieta y por lo tanto la grieta tiende a propagarse en una dirección transversal a una parte profunda de la junta de soldadura. La grieta, que se propaga  
50 significativamente, tiende a producir la interrupción de la conexión eléctrica entre el componente electrónico y el circuito electrónico que se forma sobre el sustrato. Particularmente, en un medio ambiente en el cual se carga la vibración sobre el sustrato de circuito electrónico además de las diferencias de temperaturas extremas, es probable que aparezca la grieta y que ocurra la propagación de la misma.

55 En consecuencia, en vista del aumento en el uso del sustrato de circuito electrónico montado en un automóvil y el dispositivo de control electrónico que están colocados en el medio ambiente severo descrito anteriormente, se espera que la demanda de la aleación de soldadura basada en Sn-Ag-Cu capaz de presentar un efecto supresor de la propagación de grietas suficiente, aumente más desde ahora en adelante.

60 Además, convencionalmente, un componente enchapado en Ni/Pd/Au o un componente enchapado en Ni/Au se ha usado ampliamente en una parte de plomo de un componente electrónico tal como un paquete cuádruple plano (QFP) y un paquete de pequeño esquema (SOP) que están montados sobre el sustrato de circuito electrónico montado en un automóvil. Sin embargo, recientemente, junto con una reducción en el coste del componente  
65 electrónico o una reducción del tamaño del sustrato, se ha examinado y puesto en uso práctico un componente

electrónico en el cual la parte de plomo se sustituye con el enchapado en Sn o un componente electrónico que comprende un electrodo de superficie inferior enchapado en Sn.

5 Durante la unión de soldadura, es probable que el componente electrónico enchapado en Sn produzca la difusión mutua entre el Sn comprendido en el enchapado en Sn y la junta de soldadura y el Cu comprendido en la parte de plomo y el electrodo de superficie inferior. Debido a la difusión mutua, una capa de  $Cu_3Sn$ , que es un compuesto intermetálico, ha crecido mucho en una forma cóncava-convexa en una región en la vecindad de una interfaz entre la junta de soldadura y la parte de plomo o el electrodo de superficie inferior (en adelante denominada "vecindad de una interfaz" en la presente memoria descriptiva). La capa de  $Cu_3Sn$  implícitamente tiene propiedades duras y frágiles y, por lo tanto, la capa de  $Cu_3Sn$  que crece mucho en la forma cóncava convexa se hace más frágil. Por consiguiente, en el medio ambiente severo descrito anteriormente, es probable que ocurra una grieta en la vecindad de la interfaz en comparación con la junta de soldadura y la propagación de la grieta ocurre instantáneamente desde la grieta que es el origen. Por consiguiente, es probable que ocurra un cortocircuito eléctrico.

15 Por consiguiente, incluso en caso de que se use el componente electrónico sin el enchapado en Ni/Pd/Au o el enchapado en Ni/Au en un medio ambiente severo, se espera que aumente la demanda de la aleación de soldadura sin plomo, que es capaz de presentar el efecto supresor de la propagación de grietas en la vecindad de la interfaz.

20 Hasta ahora, se divulgan diversos métodos en los cuales se agrega un elemento tal como Ag y Bi a la aleación basada en Sn-Ag-Cu de manera tal que mejore la resistencia de la junta de soldadura y la caracterización de fatiga térmica, suprimiendo de ese modo la propagación de la grieta en la junta de soldadura.

25 El documento de patente 8 divulga que una aleación de soldadura sin plomo incluye: 1 % en peso al 4 % en peso de Ag; 0,5 % en peso al 1 % en peso de Cu; 1 % en peso al 5 % en peso de Sb; 0,05 % en peso al 0,25 % en peso de al menos uno de Ni y Co; y Sn.

El documento de patente 9 divulga una aleación de soldadura sin plomo con 1-4 % en masa de Ag, 0,6-0,8 % en masa de Cu, 1-5 % en masa de Sb, 0,01-0,2 % en masa de Ni y el resto es Sn.

30 El documento de patente 10 divulga una aleación de soldadura que tiene una composición de aleación que comprende, en términos de % en masa, 3-10 % de Sb, 0-40 de Ag y 0,3-1,2 % de Cu, y el resto consiste en Sn. Además, la composición de la aleación puede contener, en términos de % en masa, un total de 0,15 % o menos de uno o más elementos seleccionados de entre Ni y Co y/o un total de 0,02 % o menos de uno o más elementos seleccionados de entre P y Ge.

35 El documento de patente 11 divulga una aleación de soldadura libre de Pb a base de SnAgCuSb que comprende un aditivo seleccionado entre el 0,1-2,5 % en peso de Bi y/o el 0,1-4,5 % en peso de In.

40 El documento de patente 12 divulga una aleación de soldadura sin plomo que consiste en Sb en una cantidad de más del 3,0 % pero 10 % o menos en masa, y el resto incluye Sn, y otros.

### Documentos de la técnica anterior

#### Documentos de Patentes

- 45 Documento de patente 1: JP 5-228685 A
- Documento de patente 2: JP 9-326554 A
- 50 Documento de patente 3: JP 2000-190090 A
- Documento de patente 4: JP 2000-349433 A
- Documento de patente 5: JP 2008-28413 A
- 55 Documento de patente 6: WO 2009/011341 A
- Documento de patente 7: JP 2012-81521 A
- 60 Documento de patente 8: US 2016/0279741
- Documento de patente 9: US 2016/0056570
- Documento de patente 10: US 2017/0014955
- 65 Documento de patente 11: US 2016/0325384

Documento de patente 12: US 2016/0368104

5 En caso de que se agregue Bi a la aleación de soldadura, el Bi entra en un retículo de átomos de la disposición de la aleación de soldadura y sustituye a Sn, deformando de ese modo la disposición del retículo de átomos. De acuerdo con esto, se refuerza la matriz de Sn y se mejora la resistencia de la aleación. Por consiguiente, se espera un determinado nivel de mejora en supresión de la propagación de la grieta de la soldadura debido al agregado de Bi.

10 Sin embargo, existe la desventaja de que se deteriora la ductilidad de la aleación de soldadura sin plomo reforzada por el agregado de Bi y se incrementa la fragilidad de la aleación de soldadura sin plomo. Cuando el presente solicitante unió por soldadura un sustrato y un componente de resistor de chip usando una aleación de soldadura sin plomo convencional que comprende Bi y colocó el sustrato resultante en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa, en una parte de filete del lado componente de resistor de chip, una grieta se propagó linealmente a un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a la dirección longitudinal del  
15 componente de resistor de chip y por lo tanto, ocurrió un cortocircuito eléctrico. Por consiguiente, particularmente, en un sustrato montado en un automóvil que se coloca en un medio ambiente severo en el cual una diferencia de temperatura es significativa, no se obtiene suficientemente el efecto supresor de la propagación de la grieta solamente reforzando mediante el agregado de Bi y similar semejante a lo que se ha hecho en la técnica anterior y, por lo tanto, existe una demanda de un nuevo método de supresión de la propagación de la grieta además del  
20 fortalecimiento.

Además, en caso de que se realice una unión de soldadura usando un componente electrónico que no tiene un enchapado de Ni/Pd/Au o un enchapado de Ni/Au, la capa de Cu<sub>3</sub>Sn, que es un compuesto intermetálico, crece mucho en una forma cóncava convexa en la vecindad de la interfaz y, por lo tanto, es difícil suprimir la propagación de la grieta en la vecindad de la interfaz.  
25

## Resumen de la invención

### Problemas resueltos por la presente invención

30 Un objeto de la invención es proveer una aleación de soldadura sin plomo y un sustrato de circuito electrónico y un dispositivo de control electrónico que comprende una junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo, lo cual puede resolver el problema descrito anteriormente, específicamente los siguientes problemas:  
35

- suprimir la propagación de la grieta en una junta de soldadura incluso en un medio ambiente severo en el cual una diferencia de temperatura es significativa a la cual se aplica una vibración.
- suprimir la propagación de la grieta en la vecindad de una interfaz incluso en caso de que se realice una unión de soldadura usando un componente electrónico sin enchapado en Ni/Pd/Au o enchapado en Ni/Au.  
40

### Medios para resolver el problema

La materia objeto de la presente invención se define por las reivindicaciones.

### Efecto de la presente invención

De acuerdo con la aleación de soldadura sin plomo de la presente invención y el sustrato de circuito electrónico y el dispositivo de control electrónico que comprende una junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo tienen los siguientes efectos:  
50

- suprimir la propagación de la grieta en una junta de soldadura incluso en un medio ambiente severo en el cual una diferencia de temperatura es significativa a la cual se aplica una vibración.
- suprimir la propagación de la grieta en la vecindad de una interfaz incluso en caso de que se realice una unión de soldadura usando un componente electrónico sin enchapado en Ni/Pd/Au o enchapado en Ni/Au.  
55

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista de corte transversal parcial que ilustra una parte de un sustrato de circuito electrónico de acuerdo con y que muestra una región debajo de un electrodo de una realización de componente de chip de la invención;  
60

La Figura 2 es una fotografía de microscopio electrónico que ilustra una vista de corte transversal en la cual aparecieron huecos en una parte del filete de un componente de chip en un sustrato de ensayo de acuerdo con un ejemplo comparativo de la invención; y

La Figura 3 es una fotografía y una región en la cual se forman filetes y que se tomó del costado del componente de chip usando un aparato de transmisión de rayos X en sustratos de ensayo de acuerdo con un ejemplo y un ejemplo comparativo de la invención.  
65

**Realizaciones para llevar a cabo la invención**

- 5 En adelante, se describirá una realización de una aleación de soldadura sin plomo, un sustrato de circuito electrónico y un dispositivo de control electrónico de acuerdo con la invención. Además, la invención no se limita las siguientes realizaciones.
- (1) Aleación de soldadura sin plomo
- 10 La aleación de soldadura sin plomo de la presente realización comprende el 2 % en peso o más y el 4 % en peso o menos de Ag. Cuando se agrega Ag, precipita un compuesto  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  en los límites de los granos de Sn de la aleación de soldadura sin plomo y, por lo tanto, se puede aplicar una resistencia mecánica a la misma.
- 15 Sin embargo, no se desea que la cantidad de Ag sea menor del 1 % en peso, ya que la precipitación del compuesto  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  es menor y se deterioran la resistencia mecánica y la resistencia al golpe térmico de la aleación de soldadura sin plomo. Además, no se desea que el contenido de Ag sea mayor del 4 % en peso, ya que se deteriora la ductilidad de aleación de soldadura sin plomo y preocupa que una junta de soldadura formada usando la aleación de soldadura sin plomo pueda producir el fenómeno de peladura del electrodo en un componente electrónico.
- 20 Además, si la cantidad de Ag se ajusta al 2 % en peso o más y el 3,8 % en peso o menos, es posible obtener un equilibrio más satisfactorio entre la resistencia y la ductilidad de la aleación de soldadura sin plomo. La cantidad de Ag es más preferentemente el 2,5 % en peso o más y el 3,8 % en peso o menos.
- 25 La aleación de soldadura sin plomo de la presente realización comprende el 0,5 % en peso o más y el 0,7 % en peso o menos de Cu. Cuando se agrega Cu dentro de este intervalo, se muestra un efecto de prevención de la erosión de Cu con respecto a la tierra de Cu sobre el circuito electrónico. Y en este caso, el compuesto  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  precipita en los límites de granos de Sn, y como resultado, es posible mejorar la resistencia al golpe térmico de la aleación de soldadura sin plomo.
- 30 Además, cuando la cantidad de Cu se ajusta al 0,5 % en peso o más y al 1 % en peso o menos, se puede mostrar un efecto satisfactorio de prevención de la erosión de Cu. En particular, si la cantidad de Cu es el 0,7 % en peso o menos, se puede mostrar un efecto de prevención de la erosión de Cu sobre la tierra de Cu. Además, la viscosidad de la aleación de soldadura sin plomo durante la fusión se puede mantener en buen estado y se suprime la aparición de huecos durante el reflujo. Como resultado de esto, es posible mejorar la resistencia al golpe térmico de la junta de soldadura que se forma. Además, se dispersa  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  fino en los límites de granos de Sn de la aleación de soldadura sin plomo fundida y se suprime el cambio en la orientación del cristal de Sn. Como resultado de esto, es posible suprimir la deformación de una forma de la junta de soldadura (forma de filete).
- 35 Además, no se desea que la cantidad de Cu sea mayor del 1 % en peso, ya que preocupa que es probable que el compuesto  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  precipite en la vecindad de una interfaz entre la junta de soldadura con el componente electrónico y el sustrato de circuito electrónico y se puede deteriorar la confiabilidad de la unión y la ductilidad de la junta de soldadura.
- 40 La aleación de soldadura sin plomo de la presente realización comprende el 3 % en peso o más y el 5 % en peso o menos de Sb. Cuando se agrega Sb dentro de este intervalo, es posible mejorar el efecto de la supresión de la propagación de grietas de la junta de soldadura, sin deteriorar la ductilidad de la aleación de soldadura basada en Sn-Ag-Cu. Cuando la cantidad de Sb se ajusta al 3 % en peso o más y el 5 % en peso o menos y más preferentemente el 3,5 % en peso o más y el 5 % en peso o menos, es posible mejorar más el efecto de la supresión de la propagación de la grieta.
- 45
- 50 Para conferir la resistencia al esfuerzo externo que consiste en la exposición durante un período de tiempo prolongado a un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa, se considera que es eficiente para llevar a cabo el fortalecimiento de la solución sólida agregando (un) elemento(s) que mejora(n) la dureza (el tamaño de una superficie rodeada por una línea de esfuerzo y deformación) de la aleación de soldadura sin plomo, que mejora(n) la ductilidad y que se disuelve(n) en la matriz de Sn. Además, Sb es un elemento óptimo para advertir el fortalecimiento de la solución sólida de la aleación de soldadura sin plomo mientras que asegura una dureza y ductilidad suficientes.
- 55
- 60 Es decir, cuando se agrega el intervalo descrito anteriormente de Sb a la aleación de soldadura sin plomo, Sn se ajusta sustancialmente como un material de base (en la presente realización, el material de base indica el elemento constituyente principal de la aleación de soldadura sin plomo. Lo mismo será aplicable más adelante), una parte de un retículo de cristal de Sn se sustituye con Sb y, por lo tanto, ocurre la deformación en el retículo de cristal. Por consiguiente, en la junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo, aumenta la energía necesaria para la dislocación en el cristal cuando una parte del retículo de cristal de Sn se sustituye con Sb y, por lo tanto, se refuerza la estructura metálica. Además, los compuestos  $\text{SbSn}$  y  $\epsilon\text{-Ag}_3(\text{Sn}, \text{Sb})$  finos precipitan en los
- 65

límites de granos de Sn y por lo tanto, se impide la deformación de deslizamiento de los límites de granos de Sn. Como resultado, es posible suprimir la propagación de una grieta en la junta de soldadura.

Además, se confirmó que en la estructura de la junta de soldadura formada usando la aleación de soldadura sin plomo a la cual se agrega Sb en el intervalo descrito anteriormente, incluso después estar expuesta a un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa durante un período de tiempo prolongado, un cristal de Sn permanece en un estado más fino en comparación con la aleación de soldadura de Sn-3Ag-0,5Cu y por lo tanto, es menos probable que se propague una grieta. El motivo de esto se considera el siguiente. Después de que los compuestos SnSb y  $\epsilon$ -Ag<sub>3</sub>(Sn, Sb), que se han precipitado en los límites de granos de Sn, se exponen al medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa durante un periodo de tiempo prolongado y, por lo tanto, se suprime el engrosamiento del cristal de Sn. Es decir, en la junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo en donde se agrega Sn dentro del intervalo descrito anteriormente, ocurre la formación de una solución sólida de Sb en la matriz de Sn en un estado de alta temperatura y la precipitación de los compuestos SnSb y  $\epsilon$ -Ag<sub>3</sub>(Sn, Sb) ocurre en un estado de baja temperatura. Por consiguiente, incluso en caso de que se exponga al medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa, un proceso de fortalecimiento de la solución sólida a una alta temperatura y un proceso de fortalecimiento de precipitación a una baja temperatura se repiten y, por lo tanto, se considera que se puede asegurar una excelente resistencia al golpe térmico.

Además, es posible mejorar más la resistencia de la aleación de soldadura sin plomo en donde se agrega Sb dentro del intervalo descrito anteriormente sin deteriorar la ductilidad en comparación con la aleación de soldadura de Sn-3Ag-0,5Cu. Como resultado de esto, es posible asegurar una dureza suficiente contra el esfuerzo externo y es posible reducir el esfuerzo residual.

Aquí, si una junta de soldadura formada usando una aleación de soldadura que tiene baja ductilidad se coloca en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa, es probable que un esfuerzo que ocurre reiteradamente, se acumule del lado del componente electrónico de la junta de soldadura. En consecuencia, frecuentemente aparece una grieta profunda en la junta de soldadura en la vecindad de un electrodo de un componente electrónico. Como resultado de esto, el esfuerzo se concentra en el electrodo del componente electrónico en la vecindad de la grieta y, por lo tanto, la junta de soldadura puede pelar el electrodo del lado del componente electrónico. Sin embargo, en la aleación de soldadura de acuerdo con la presente realización, dado que se agrega Sb dentro del intervalo descrito anteriormente, incluso cuando comprende un elemento tal como Bi que tiene un efecto sobre la ductilidad de la aleación de soldadura, es menos probable que se deteriore la ductilidad. Además, incluso en caso de que se exponga al medio ambiente severo descrito anteriormente durante un período de tiempo prolongado, se puede suprimir el fenómeno de la peladura del electrodo del componente electrónico.

Además, si la cantidad de Sb es menor del 3%, la energía necesaria para la dislocación en el cristal aumenta en una parte del retículo de cristal de Sn debido a la sustitución con Sb y la estructura metálica se puede fortalecer con una solución sólida, pero los compuestos finos tales como SnSb y  $\epsilon$ -Ag<sub>3</sub>(Sn, Sb) no pueden precipitar lo suficiente en los límites de granos de Sn. De acuerdo con esto, cuando una junta de soldadura formada usando la aleación de soldadura se expone a un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa durante un período de tiempo prolongado, el cristal de Sn se agranda y, por lo tanto, se cambia la junta de soldadura en una estructura en la cual es probable que se propague una grieta. Por consiguiente, es difícil asegurar la resistencia a la fatiga térmica suficiente de la junta de soldadura.

Además, si la cantidad de Sb es mayor del 5 % en peso, el punto de fusión de la aleación de soldadura sin plomo aumenta y, por lo tanto, el Sb no se disuelve nuevamente a una alta temperatura. Por consiguiente, una junta de soldadura que se forma usando dicha aleación de soldadura, en caso de que se exponga a un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa durante un período de tiempo prolongado, ocurre solamente el fortalecimiento de la precipitación por los compuestos SnSb y  $\epsilon$ -Ag<sub>3</sub>(Sn, Sb). Por lo tanto, los compuestos intermetálicos se engrosan con el transcurso del tiempo y, como resultado de esto, se pierde el efecto de supresión de la deformación de deslizamiento en los límites de granos de Sn. Además, en este caso, esto no es preferible, ya que la temperatura resistente al calor del componente electrónico también se hace relevante debido al aumento del punto de fusión de la aleación de soldadura sin plomo.

De acuerdo con la composición de la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, incluso cuando la cantidad de Sb se ajusta al 3 % en peso o más y el 5 % en peso o menos, se suprime el aumento excesivo del punto de fusión de aleación de soldadura sin plomo y se da una resistencia satisfactoria al cuerpo unido a la soldadura que se forma. Por consiguiente, en la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, aunque Bi no se ajuste como un elemento esencial, es posible mostrar suficientemente el efecto de la supresión de la propagación de la grieta en la junta de soldadura que se forma.

La aleación de soldadura sin plomo de la presente realización comprende el 0,03 % en peso. De acuerdo con la composición de la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, cuando se agrega Ni dentro de la cantidad precedente, se forma (Cu, Ni)<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> fino en la aleación de soldadura sin plomo que se funde y se dispersa en

un material de base. Por consiguiente, se puede suprimir la propagación de una grieta en la junta de soldadura y se puede mejorar la resistencia a la fatiga térmica.

5 Además, aunque la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización se use para la unión de soldadura de un componente electrónico sin enchapado de Ni/Pd/Au o enchapado de Ni/Au, Ni se mueve hacia la vecindad de la interfaz durante la unión de soldadura y forma  $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$  fino. Por consiguiente, es posible suprimir el crecimiento de la capa de  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  en la vecindad de la interfaz y, por lo tanto, es posible mejorar el efecto de supresión de la propagación de la grieta en la vecindad de la interfaz.

10 Sin embargo, si la cantidad de Ni es menor del 0,01 % en peso, el efecto modificador de los compuestos intermetálicos no es suficiente y, por lo tanto, es difícil obtener suficientemente un efecto de supresión de la grieta en la vecindad de la interfaz. Además, si la cantidad de Ni es mayor del 0,25 % en peso, es menos probable que ocurra el enfriamiento excesivo en comparación con la aleación de Sn-3Ag-0,5Cu convencional y, por lo tanto, el ritmo de la solidificación de la aleación de soldadura ocurre con anterioridad. En ese caso, se confirma que un gas mientras sale durante la fusión de la aleación de soldadura, se mantiene en el filete y se solidifica como está y aparecen huecos en el filete debido al gas que en algunos casos. En particular, los huecos en el filete pueden deteriorar la resistencia a la fatiga térmica de la junta de soldadura en un medio ambiente severo en el cual una diferencia de temperatura tal de  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  a  $140\text{ }^\circ\text{C}$  y una diferencia de temperatura de  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  a  $150\text{ }^\circ\text{C}$ .

15 Además, como se describe anteriormente, es probable que Ni produzca huecos en el filete. Sin embargo, en la composición de la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, aunque Ni esté comprendido en una cantidad del 0,25 % en peso o menos, es posible suprimir la aparición de los huecos debido a un equilibrio en la cantidad entre Ni y otros elementos.

25 Además, cuando la cantidad de Ni se ajusta al 0,01 % en peso o más y al 0,15 % en peso o menos, es posible mejorar el efecto de supresión de la aparición de huecos, mientras que se mejora el efecto de la supresión de la propagación de la grieta en vecindad de la interfaz y la resistencia a la fatiga térmica.

30 La aleación de soldadura sin plomo de la presente realización puede comprender, además de Ni, el 0,001 % en peso o más y el 0,25 % en peso o menos de Co. De acuerdo con la composición de la aleación de soldadura sin plomo, cuando se agrega Co dentro de este intervalo, se mejora el efecto mencionado anteriormente debido al agregado de Ni, y al mismo tiempo, se forma  $(\text{Cu}, \text{Co})_6\text{Sn}_5$  fino en la aleación de soldadura sin plomo que se funde y se difunde en el material de base y por lo tanto, es posible mejorar la resistencia a la fatiga térmica de la junta de soldadura incluso en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa mientras que suprime la deformación por fluencia y la propagación de la grieta en la junta de soldadura.

35 Además, aunque la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización se use para unión de soldadura de un componente electrónico sin enchapado en Ni/Pd/Au o enchapado en Ni/Au, se mejora el efecto descrito anteriormente debido al agregado de Ni y Co se mueve hacia la vecindad de la interfaz durante la unión de soldadura para formar  $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$  fino. Y, por lo tanto, es posible suprimir el crecimiento de la capa de  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  en la vecindad de la interfaz y es posible mejorar el efecto supresor de la propagación de la grieta en la vecindad de la interfaz.

45 Sin embargo, cuando la cantidad de Co es menor del 0,001 % en peso, el efecto modificador del compuesto intermetálico descrito anteriormente debido al agregado de Co se hace insuficiente y, por lo tanto, es difícil obtener suficientemente el efecto supresor de la grieta en la vecindad de la interfaz. Además, cuando la cantidad de Co es mayor del 0,25 % en peso, es menos probable que ocurra el enfriamiento excesivo en comparación con la aleación de Sn-3Ag-0,5Cu convencional y, por lo tanto, la solidificación de la aleación de soldadura ocurre con anterioridad. Por consiguiente, en un filete de una junta de soldadura que se forma, se confirma que un gas, mientras sale durante la fusión de la aleación de soldadura, permanece en el filete y se solidifica como está y ocurren huecos en el filete debido al gas en algunos casos. Particularmente, los huecos del filete deterioran la resistencia a la fatiga térmica de la junta de soldadura en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa.

50 Además, como se describe anteriormente, es probable que Co produzca huecos en el filete. Sin embargo, en la composición de la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, aunque Co está comprendido en una cantidad del 0,25 % en peso o menos, es posible suprimir la aparición de los huecos debido al equilibrio de las cantidades de Co y otros elementos.

55 Además, cuando la cantidad de Co se ajusta al 0,001 % en peso o más y el 0,15 % en peso o menos, es posible mejorar el efecto supresor de la aparición de huecos, mientras que se mejoran el efecto de la supresión de la propagación de la grieta y la resistencia a la fatiga térmica.

60 En este caso, en caso de que se use tanto Ni como Co en la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización, es preferible que la cantidad de Ag, Cu, Sb, Bi, Ni y Co, en términos del % en peso, satisfice la totalidad de las siguientes expresiones (A) a (D):

- 1,6 ≤ la cantidad de Ag + (la cantidad de Cu/0,5) ≤ 5,4... (A)  
 0,73 ≤ (la cantidad de Ag/4) + (la cantidad de Sb/5) ≤ 2,10... (B)  
 1,1 ≤ la cantidad de Sb/la cantidad de Cu ≤ 11,9... (C)  
 0 < (la cantidad de Ni/0,25) + (la cantidad de Co/0,25) ≤ 1,19... (D)

Cuando la cantidad de Ag, Cu, Sb, Bi, Ni y Co se ajusta dentro de los intervalos descritos anteriormente, aunque Bi no se ajuste como un elemento esencial, es posible mostrar todos los siguientes efectos en una forma bien equilibrada y como resultado de esto, es posible mejorar más la confiabilidad de la junta de soldadura.

- suprimir el deterioro de la ductilidad y aumentar la fragilidad de la junta de soldadura;
- mejorar la resistencia y la resistencia a la fatiga térmica de la junta de soldadura;
- suprimir los huecos que aparecen en el filete; suprimir la propagación de la grieta en la junta de soldadura en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa;
- efecto de supresión de la propagación de la grieta en la vecindad de la interfaz durante la unión de soldadura del componente electrónico sin enchapado de Ni/Pd/Au o enchapado de Ni/Au.

Además, la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización puede comprender el 6 % en peso o menos de In. Cuando se agrega In dentro de este intervalo, el punto de fusión de la aleación de soldadura sin plomo, que aumenta debido al agregado de Sb, se reduce y es posible mejorar el efecto de supresión de la propagación de la grieta. Es decir, como es el caso con Sb, In forma una solución sólida en la matriz de Sn, es posible reforzar más la aleación de soldadura sin plomo. Además, se forman un compuesto AgSnIn y un compuesto InSb y estos compuestos precipitan en los límites de granos de Sn. Como resultado de esto, es posible obtener un efecto de supresión de la deformación de deslizamiento de los límites de granos de Sn.

No se desea que la cantidad de In que se agrega a la aleación de soldadura de la realización sea mayor del 6 % en peso, ya que se deteriora la ductilidad de la aleación de soldadura sin plomo y se forma  $\gamma$ -InSn<sub>4</sub> durante la exposición a un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa durante un período de tiempo prolongado y, por lo tanto, la aleación de soldadura sin plomo se auto-deforma.

Además, la cantidad de In es preferentemente 4 % en peso o menos y más preferentemente el 1 % en peso o más y el 2 % en peso o menos.

Además, la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización puede comprender por lo menos uno de P, Ga y Ge en una cantidad del 0,001 % en peso o más y 0,05 % en peso o menos. Cuando por lo menos uno de P, Ga y Ge se agrega dentro de este intervalo, es posible prevenir la oxidación de la aleación de soldadura sin plomo. Sin embargo, no se desea que la cantidad de los elementos sea mayor del 0,05 % en peso, ya que aumenta el punto de fusión de la aleación de soldadura sin plomo y es probable que aparezcan huecos en la junta de soldadura.

Además, la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización puede comprender por lo menos uno de Fe, Mn, Cr y Mo en una cantidad del 0,001 % en peso o más y el 0,05 % en peso o menos. Cuando por lo menos uno de Fe, Mn, Cr y Mo se agrega dentro de este intervalo, es posible mejorar el efecto de supresión de la propagación de la grieta de la aleación de soldadura sin plomo. Sin embargo, no se desea que la cantidad de los elementos sea mayor del 0,05 % en peso, ya que aumenta el punto de fusión de la aleación de soldadura sin plomo y es probable que aparezcan huecos en la junta de soldadura.

Además, la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización puede comprender impurezas inevitables.

Además, el resto de la aleación de soldadura sin plomo de la presente realización es Sn. Además, la cantidad de Sn es igual o más del 83,4 % y menos del 95,99 % en peso.

Por ejemplo, la junta de soldadura de la presente realización se puede formar usando cualquier método capaz de formar la junta de soldadura, tal como un método de flujo, la montura por bola de soldadura y un método de reflujo que usa una composición de pasta de soldadura. Además, entre los métodos, el método de reflujo que usa la composición de pasta de soldadura se usa en forma particularmente preferida.

## (2) Composición de pasta de soldadura

Por ejemplo, la composición de pasta de soldadura se prepara amasando juntas la aleación de soldadura sin plomo que tiene una forma en polvo y fundiendo en una forma de pasta.

Como el fundente, se usa, por ejemplo, un fundente que comprende una resina, un agente activador, un agente tixotrópico y un disolvente.

Ejemplos de la resina incluyen resinas basadas en colofonia que comprenden colofonias tales como colofonia de aceite de resina, gomorresina y colofonia de madera, derivados de colofonia hidrogenada, colofonia polimerizada,

colofonia heterogeneizada, colofonia modificada y colofonia modificada por ácido maleico; resinas acrílicas obtenidas polimerizando por lo menos un monómero tal como ácido acrílico, ácido metacrílico, diversos ésteres de ácido acrílico, diversos ésteres de ácido metacrílico, ácido crotónico, ácido itacónico, ácido maleico, anhídrido maleico, ésteres de ácido maleico, ésteres de anhídrido maleico, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, acrilamida, metacrilamida, cloruro de vinilo y acetato de vinilo; una resina epoxi; una resina de fenol; y similares. Estas resinas se pueden usar solas o en una combinación de una pluralidad de las resinas.

Entre las resinas, preferentemente se usan las resinas basadas en colofonia, particularmente, colofonia modificada por ácido hidrogenado en la cual se agrega hidrógeno a la colofonia modificada por un ácido. Además, la colofonia modificada por un ácido hidrogenado y la resina acrílica preferentemente también se usan en combinación.

El índice de acidez de la resina es preferentemente de 10 mgKOH/g hasta 250 mgKOH/g. Y la cantidad de la resina es preferentemente el 10 % en peso o más y el 90 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente.

Ejemplos del agente tixotrópico incluyen aceite de ricino hidrogenado, amidas de ácidos grasos, oxiácidos grasos y similares. Estos pueden usarse solos o en una combinación de una pluralidad de agentes tixotrópicos. La cantidad del agente tixotrópico es preferentemente el 3 % en peso o más y el 15 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente.

Como el agente activador, se pueden mezclar, por ejemplo, una sal de amina (una sal de ácidos inorgánicos o una sal de ácidos orgánicos) tal como una sal de haluro de hidrógeno de una amina orgánica, un ácido orgánico, una sal de ácido orgánico y una sal de amina orgánica. Los ejemplos más específicos del agente activador incluyen bromhidrato de difenilguanidina, bromhidrato de ciclohexil amina, una sal de dietilamina, una sal de ácido, ácido succínico, ácido adípico, ácido sebácico y similares. Estos se pueden usar juntos o en una combinación de una pluralidad de los agentes activadores. La cantidad del agente activador es preferentemente el 5 % en peso o más y el 15 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente.

Como el disolvente, se puede usar, por ejemplo, alcohol isopropílico, etanol, acetona, tolueno, xileno, acetato de etilo, cellosolve de butilo, éter de glicol y similares. Estos se pueden usar solos, o en una combinación de una pluralidad de los disolventes. La cantidad del disolvente es preferentemente el 20 % en peso o más y el 40 % en peso o menos, con respecto a la cantidad total del fundente.

El fundente puede comprender un antioxidante de manera tal que suprima la oxidación de la aleación de soldadura sin plomo. Ejemplos del antioxidante incluyen un antioxidante basado en fenol impedido, un antioxidante basado en fenol, un antioxidante basado en bisfenol, un antioxidante de tipo polimérico y similares. Entre estos, particularmente, preferentemente se usa el antioxidante basado en fenol impedido. Estos se pueden usar solos o en una combinación de una pluralidad de los antioxidantes. Si bien no están particularmente limitados, normalmente, la cantidad del antioxidante es preferentemente el 0,5 % en peso o más y el 5 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente.

El fundente puede comprender otras resinas y un aditivo, tal como halógeno, un agente de deslustre y un agente antiespumante y un relleno inorgánico.

La cantidad del aditivo es preferentemente el 10 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente. Además, la cantidad del aditivo es más preferentemente el 5 % en peso o menos con respecto a la cantidad total del fundente.

Es preferible que la relación entre la aleación de soldadura sin plomo y el fundente sea de 65:35 a 95:5 en una relación de aleación de soldadura : fundente. La relación es más preferentemente de 85:15 a 93:7 y todavía más preferentemente de 87:13 a 92:8.

### (3) Sustrato de circuito electrónico

Una composición del sustrato de circuito electrónico de la presente realización se describe con referencia a la Figura 1. Un sustrato de circuito electrónico 100 de la presente realización comprende un sustrato 1, una capa aislante 2, una parte de electrodo 3, un componente electrónico 4 y un cuerpo unido por soldadura 10. El cuerpo unido por soldadura 10 comprende la junta de soldadura 6 y un residuo de fundente 7 y el componente electrónico 4 comprende un electrodo externo 5 y una parte de borde 8.

Como el sustrato 1 se puede usar cualquier sustrato tal como, sin limitación, una placa de circuito impreso, una oblea de silicio y un sustrato de paquete cerámico que se usan en la montura de un componente electrónico.

La parte de electrodo 3 está conectada por electricidad con el electrodo externo 5 del componente electrónico 4 a través de la junta de soldadura 6.

Además, la junta de soldadura 6 se forma usando la aleación de soldadura de acuerdo con la presente realización.

En el sustrato de circuito electrónico 100 que tiene la estructura descrita anteriormente de acuerdo con la presente realización, la junta de soldadura 6 tiene una composición de la aleación que muestra el efecto de supresión de la propagación de la grieta y, por lo tanto, aunque aparezca una grieta en la junta de soldadura 6, es posible suprimir la propagación de la grieta. En particular, aunque el componente electrónico 6 carezca del enchapado en Ni/Pd/Au o del enchapado en Ni/Au, también es posible mostrar el efecto de supresión de la propagación de una grieta en la vecindad de la interfaz entre la junta de soldadura 6 y el componente electrónico 4. Además, de acuerdo con esto, se puede suprimir el fenómeno de peladura del electrodo del componente electrónico 4.

Por ejemplo, el sustrato de circuito electrónico 100 se prepara de la siguiente manera.

En primer lugar, la composición de pasta de soldadura se imprime de acuerdo con el patrón, sobre el sustrato 1 que comprende la capa aislante 2 y la parte de electrodo 3 que se forma en un patrón predeterminado.

Posteriormente, el componente electrónico 4 se monta sobre el sustrato 1 después de la impresión y el sustrato 1 se somete a reflujo a una temperatura de 230 °C a 260 °C. Mediante el reflujo, se prepara el sustrato de circuito electrónico 100 en el cual se forma el cuerpo unido por soldadura 10 que comprende la junta de soldadura 6 y el residuo de fundente 7, sobre el sustrato 1 y se prepara el sustrato 1 y el componente electrónico 4 se conectan juntos por electricidad.

Además, se prepara un dispositivo de control electrónico de la presente realización a través de la integración del sustrato de circuito electrónico 100.

### Ejemplos

A continuación, se describe la realización con referencia a ejemplos y ejemplos comparativos. Además, la invención no se limita a los ejemplos.

#### Preparación del fundente

El fundente de acuerdo con los ejemplos y ejemplos comparativos se obtuvo amasando los siguientes componentes.

Colofonia modificada con ácido hidrogenado (nombre del producto: KE-604, fabricado por Arakawa Chemical Industries, Ltd.):

51 % en peso

Aceite de ricino endurecido: 6 % en peso

Ácido dodecanodioico (nombre del producto: SL-12, fabricado por Okamura Oil Mill Co., Ltd.): 10 % en peso

Ácido malónico 1 % en peso

Bromhidrato de difenilguanidina 2 % en peso

Antioxidante de fenol impedido (nombre del producto: IRGANOX 245, fabricado por BASF Japan): 1 % en peso

Éter de dietilenglicol monoehexilo: 29 % en peso

#### Preparación de la composición de pasta de soldadura

11,0 % en peso del fundente descrito anteriormente y 89,0 % en peso de polvo (tamaño de las partículas de polvo: de 20 µm a 38 µm) de cada una de las aleaciones de soldadura sin plomo descritas en la Tabla 1 y en la Tabla 2, se mezclaron uno con otro para preparar la composición de pasta de soldadura de acuerdo con cada uno de los Ejemplos 1 a 24 y los Ejemplos Comparativos 1 a 19. \* Los ejemplos 9-12 no son de acuerdo con la invención.

[Tabla 1]

	Sn	Ag	Cu	In	Sb	Ni	Co	Otros
Ejemplo 1	Resto	3,0	0,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo 2	Resto	3,0	0,5	-	3,5	0,03	-	-
Ejemplo 3	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	-	-
Ejemplo 4	Resto	3,0	0,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo 5	Resto	1,0	0,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo 6	Resto	1,0	0,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo 7	Resto	4,0	0,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo 8	Resto	4,0	0,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo 9*	Resto	3,0	1,0	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo 10*	Resto	3,0	1,0	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo 11*	Resto	3,0	0,7	-	4,0	0,01	-	-
Ejemplo 12*	Resto	3,0	0,7	-	4,0	0,25	-	-
Ejemplo 13	Resto	3,0	0,7	-	4,0	0,03	0,001	-

(continuación)

	Sn	Ag	Cu	In	Sb	Ni	Co	Otros
Ejemplo 14	Resto	3,0	0,7	-	4,0	0,03	0,008	-
Ejemplo 15	Resto	3,0	0,7	-	4,0	0,03	0,25	-
Ejemplo 16	Resto	3,0	0,5	3,0	4,0	0,03	0,008	-
Ejemplo 17	Resto	3,0	0,5	6,0	4,0	0,03	0,008	-
Ejemplo 18	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05P
Ejemplo 19	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Ge
Ejemplo 20	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Ga
Ejemplo 21	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Fe
Ejemplo 22	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Mn
Ejemplo 23	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Cr
Ejemplo 24	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,05Mo

[Tabla 2]

	Sn	Ag	Cu	In	Sb	Ni	Co	Otros
Ejemplo Comparativo 1	Resto	3,0	0,5	-	0,5	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 2	Resto	3,0	0,5	-	6,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 3	Resto	0,5	0,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 4	Resto	0,5	0,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 5	Resto	4,5	0,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 6	Resto	4,5	0,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 7	Resto	3,0	1,5	-	3,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 8	Resto	3,0	1,5	-	5,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 9	Resto	3,0	0,5	-	4,0	-	-	-
Ejemplo Comparativo 10	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	-	-
Ejemplo Comparativo 11	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,3	-
Ejemplo Comparativo 12	Resto	3,0	0,5	6,5	4,0	0,03	0,008	-
Ejemplo Comparativo 13	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1P
Ejemplo Comparativo 14	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Ge
Ejemplo Comparativo 15	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Ga
Ejemplo Comparativo 16	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Fe
Ejemplo Comparativo 17	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Mn
Ejemplo Comparativo 18	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Cr
Ejemplo Comparativo 19	Resto	3,0	0,5	-	4,0	0,03	0,008	0,1Mo

## 5 (1) Ensayo de grietas en la soldadura (de -40 °C a 125 °C)

- Componente de chip de 3,2 mm x 1,6 mm (chip A)

Se prepararon las siguientes herramientas.

10

Un componente de chip (enchapado de Ni/Sn) que tiene un tamaño de 3,2 mm x 1,6 mm.

Un sustrato de vidrio epoxi que comprende una resistencia de soldadura con un patrón sobre el cual se puede montar el componente de chip que tiene el tamaño precedente y un electrodo (1,6 mm x 1,2 mm) para la conexión del componente de chip.

15

Una máscara de metal que tiene el mismo patrón mencionado anteriormente y un espesor de 150 µm.

La composición de pasta de soldadura se imprimió sobre el sustrato de vidrio epoxi usando la máscara de metal y el componente de chip se montó sobre el sustrato de vidrio epoxi.

20

Posteriormente, el sustrato de vidrio epoxi se calentó usando un horno de reflujo (nombre del producto: TNP-538EM, fabricado por TAMURA Corporation) y se formaron una junta de soldadura que se conecta con electricidad con el sustrato de vidrio epoxi y el componente de chip y se montó el componente de chip. En las condiciones del reflujo de este momento, el precalentamiento se realizó a una temperatura de 170 °C a 190 °C durante 110 segundos, la temperatura pico se ajustó a 245 °C, el período de tiempo durante el cual la temperatura se mantiene a 200 °C o más se ajustó a 65 segundos, el período de tiempo durante el cual la temperatura se mantiene a 220 °C o más se ajustó a 45 segundos, la velocidad de enfriamiento desde la temperatura pico hasta 200 °C se ajustó desde 3 °C/segundo hasta 8 °C/segundo y la concentración del oxígeno se ajustó a 1500±500 ppm.

25

30

Luego, el sustrato de vidrio epoxi se expuso a un medio ambiente en el cual un ciclo de golpe térmico se repite 1.000 veces, 1.500 veces, 2.000 veces, 2.500 veces y 3.000 veces usando un aparato de ensayo de golpe térmico (nombre del producto: ES-76LMS, fabricado por Hitachi Appliances, Inc.) en condiciones de -40 °C (durante 30

minutos) a 125 °C (durante 30 minutos) y luego se extrajo el sustrato de vidrio epoxi, preparando de ese modo cada uno de los sustratos de ensayo.

5 Posteriormente, se cortó la parte objetivo del sustrato de ensayo y se selló con una resina epoxi (nombre del producto: montura EPO (agente principal y agente de curado), fabricado por Refine Tec Ltd.). Además, un corte transversal central del componente de chip, que se monta sobre el sustrato de ensayo, se pulió de manera tal que fuera visible usando una pulidora mojada (nombre del producto: TegraPol-25, fabricado por Marumoto Struers K.K.) y se hizo una observación si la grieta que apareció en la junta de soldadura cruzó completamente la junta de soldadura y produjo la ruptura, usando un microscopio electrónico de barrido (nombre del producto: TM-1000, fabricado por Hitachi High-Technologies Corporation) y se hizo una evaluación basada en la siguiente norma. Los resultados se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4. Además, el número de chips evaluados en cada ciclo de golpe térmico se ajustó a 10 piezas.

- 15
- ⊙: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, no aparece dentro de 3.000 ciclos
  - : Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, aparece entre 2.501 ciclos y 3.000 ciclos
  - △: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, apareció entre 2.001 ciclos y 2.500 ciclos
  - ×: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, apareció antes de los 2.000 ciclos

20 • componente de chip de 2,0 × 1,2 mm (chip B)

Se preparó un sustrato de ensayo en las mismas condiciones que aquellos para el componente de chip que tiene un tamaño de 3,2 mm x 1,6 mm, pero se usaron las siguientes herramientas y la evaluación se hizo mediante el mismo método que se describe anteriormente. Los resultados se ilustran en la Tabla 3 y en la Tabla 4.

25 Un componente de chip (enchapado en Ni/Sn) que tiene un tamaño de 2,0 mm x 1,2 mm.  
Un sustrato de vidrio epoxi que comprende una resistencia de soldadura que tiene un patrón sobre el cual se puede montar el chip que tiene el tamaño precedente y un electrodo (1,25 mm x 1,0 mm) que conecta la resistencia de soldadura y el componente de chip.

30 (2) Ensayo de grieta de la soldadura en SON enchapado con Sn

Se prepararon las siguientes herramientas.

35 Un componente de paquete sin plomo de pequeño esquema con un paso de 1,3 mm (SON) que tiene un tamaño de 6 mm x 5 mm x 0,8 mm (espesor) (número de bornes: ocho pernos, nombre del producto: STL60N3LLH5, fabricado por STMicroelectronics).

Un sustrato de vidrio epoxi que comprende una resistencia de soldadura que tiene un patrón sobre el cual se puede montar el componente de SON y un electrodo (de conformidad con el diseño recomendado por el fabricante) para la conexión del componente de SON.

40 Una máscara de metal que tiene el mismo patrón mencionado anteriormente y un espesor de 150 µm.

45 La composición de pasta de soldadura se imprimió individualmente sobre el sustrato de vidrio epoxi usando la máscara de metal y el componente de SON se montó sobre el sustrato de vidrio epoxi. Posteriormente, se aplicó un golpe térmico al sustrato de vidrio epoxi en las mismas condiciones que en el ensayo de grieta de soldadura (1), excepto que el sustrato de vidrio epoxi se colocó en un medio ambiente en el cual el ciclo de golpe térmico se repite 1.000 veces, 2.000 veces y 3.000 veces, preparando de ese modo cada uno de los sustratos de ensayo.

50 Posteriormente, una parte objetivo de los sustratos de ensayo se cortó y se selló con una resina epoxi (nombre del producto: montura EPO (agente principal y agente de curado), fabricado por Refine Tec Ltd.). Además, un corte transversal central del componente de SON, que se montó sobre el sustrato de ensayo, se pulió de manera tal que fuera visible usando una pulidora mojada (nombre del producto: TegraPol-25, fabricado por Marumoto Struers K.K.) y se hizo una observación si la grieta que apareció en la junta de soldadura formada cruzó completamente la junta de soldadura para producir la ruptura, usando un microscopio electrónico de barrido (nombre del producto: TM-1000, fabricado por Hitachi High-Technologies Corporation). Basado en la observación, se hizo una evaluación sobre la junta de soldadura de la siguiente manera, clasificando las grietas en una grieta que apareció en una base de la soldadura (en la presente descripción, la base de la soldadura representa una parte de la junta de soldadura que no es una interfaz con un electrodo del componente de SON y la vecindad de la junta de soldadura. En adelante, la misma será aplicable. Además, la base de la soldadura se denomina simplemente "base" en la Tabla 3 y en la Tabla 4) y una grieta que apareció en la interfaz (componente intermetálico de la misma) entre la junta de soldadura y el electrodo del componente de SON. Los resultados se ilustran en la Tabla 3 y en la Tabla 4. Además, el número de los SON evaluados en cada ciclo de golpe térmico se ajustó a 20 y se observó un borne de un electrodo de puerta por cada SON para confirmar un corte transversal de un total de 20 bornes en su totalidad.

65 • Grieta que aparece en la base de soldadura

- ⊙: Grieta, que cruza completamente la base de la soldadura, no aparece dentro de 3.000 ciclos

## ES 2 921 678 T3

- : Grieta, que cruza completamente la base de la soldadura, aparece entre 2.001 ciclos y 3.000 ciclos
- △: Grieta, que cruza completamente la base de la soldadura, aparece entre 1.001 ciclos y 2.000 ciclos
- ×: Grieta, que cruza completamente la base de la soldadura, aparece antes de los 1.000 ciclos

### 5 • Grieta que aparece en la interfaz entre la junta de soldadura y el componente de SON

- ⊙: Grieta, que cruza completamente la interfaz, no aparece dentro de 3.000 ciclos
- : Grieta, que cruza completamente la interfaz, apareció entre 2.001 ciclos y 3.000 ciclos
- △: Grieta, que cruza completamente la interfaz, apareció entre 1.001 ciclos y 2.000 ciclos
- 10 ×: Grieta, que cruza completamente la interfaz, apareció antes de los 1.000 ciclos

### (3) Ensayo de grieta de soldadura (-40 °C a 150 °C)

15 Dado que un sustrato montado en un automóvil y similares se colocan en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura es significativa, se necesita que la aleación de soldadura que se usa para estos, presente un efecto supresor de la propagación de grietas satisfactorio en dicho medio ambiente. Por consiguiente, se realizó un ensayo de grieta en las soldaduras a una diferencia de temperatura de -40 °C a 150 °C, usando un aparato de ensayo de golpe térmico de tipo de baño de líquido de manera tal que se aclare si la aleación de soldadura de acuerdo con la presente realización puede presentar o no el efecto incluso en dichas condiciones. Las condiciones del ensayo son las siguientes.

20 Se prepararon un sustratos de ensayo, sobre el cual se montó un componente de chip de 3,2 mm x 1,6 mm y un sustrato de ensayo sobre el cual se montó un componente de chip de 2,0 x 1,2 mm, en las mismas condiciones que aquellos del ensayo de grieta de la soldadura (1), excepto que dicho sustrato de vidrio epoxi después de la formación de la junta de soldadura se expuso a un medio ambiente en el cual se repitió un ciclo de golpe térmico 1.000 veces, 2.000 veces y 3.000 veces usando un aparato para ensayo de golpe térmico de tipo de baño de líquido (nombre del producto: ETAC WINTECH LT80, fabricado por Kusumoto Chemicals, Ltd.) que se ajustó desde -40 °C (durante 5 minutos) hasta 150 °C (5 minutos).

30 Posteriormente, una parte objetivo del sustrato del ensayo se cortó y se selló usando una resina epoxi (nombre del producto: montura EPO (agente principal y agente de curado), fabricada por Refine Tec Ltd.). Además, un corte transversal central del componente de chip, que se monta sobre el sustrato de ensayo, se pulió de manera tal que sea visible usando una pulidora mojada (nombre del producto: TegraPol-25, fabricado por Marumoto Struers K.K.) y se hizo una observación si una grieta que apareció en la junta de soldadura formada cruzó completamente la junta de soldadura para producir la ruptura, usando un microscopio electrónico de barrido (nombre de producto: TM-1000, fabricado por Hitachi High-Technologies Corporation) y se hizo una evaluación basándose en las siguientes normas. Los resultados se ilustran en la Tabla 3 y en la Tabla 4. Además, el número de chips evaluados en cada ciclo de golpe térmico se ajustó a 10 piezas.

- 40 ⊙: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, no aparece dentro de 3.000 ciclos
- : Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, apareció entre 2.001 ciclos y 3.000 ciclos
- △: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, apareció entre 1.001 ciclos y 2.000 ciclos
- ×: Grieta, que cruza completamente la junta de soldadura, apareció antes de 1.000 ciclos

### 45 (4) Ensayo de huecos

Se preparó un sustrato sobre el cual se montó un componente de chip de 2,0 mm x 1,2 mm en las mismas condiciones (sobre el cual se forma la junta de soldadura) que en el ensayo de grieta de soldadura (1).

50 Posteriormente, el estado de la superficie de cada uno del sustrato de ensayo se observó con un aparato de transmisión de rayos X (nombre del producto: SMX-160E, fabricado por Shimadzu Co., Ltd.), para obtener el valor promedio de la relación de superficie de los huecos que ocupan las regiones (la región (a) rodeada por la línea quebrada de la Figura 3) debajo de los electrodos de los componentes de chip (la relación de la superficie de hueco total, en adelante será aplicable) y la relación de superficie de los huecos que ocupan las regiones en las cuales se formaron filetes (la región (b) rodeada por la línea quebrada de la Figura 3) en las 40 tierras de cada uno de los sustratos de ensayo y la evaluación se realizó de la siguiente manera. Los resultados se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4.

- 60 ⊙: El valor promedio de la relación de superficie de los huecos fue del 3 % o menos y el efecto supresor de la aparición de huecos fue muy satisfactorio
- : El valor promedio de la relación de superficie de los huecos fue del 3 % o mayor y menos del 5 % y el efecto supresor de la aparición de huecos fue satisfactorio
- △: El valor promedio de la relación de superficie de los huecos fue del 5 % o mayor y menos del 8 % y el efecto supresor de la aparición de huecos fue suficiente
- 65 ×: El valor promedio de la relación de superficie de los huecos fue mayor del 8 % y el efecto supresor de la aparición de huecos fue insuficiente

\* Los ejemplos 9-12 no son de acuerdo con la invención.

[Tabla 3]

	Grieta de soldadura (-40 °C – 125 °C)		Grieta de SON enchapado con Sn		Grieta de soldadura (-40 °C a 150 °C)		Hueco	
	Chip A	Chip B	Material de base	Interfaz	Chip A	Chip B	Debajo del electrodo	Filete
Ejemplo 1	△	○	○	○	△	△	○	△
Ejemplo 2	○	⊙	○	○	△	△	○	△
Ejemplo 3	⊙	⊙	⊙	○	△	○	○	△
Ejemplo 4	⊙	○	⊙	○	△	○	○	△
Ejemplo 5	△	△	○	○	△	△	△	△
Ejemplo 6	△	○	○	○	△	△	△	△
Ejemplo 7	○	○	○	○	△	○	○	△
Ejemplo 8	⊙	⊙	⊙	○	△	○	○	△
Ejemplo 9	○	○	○	○	△	△	△	△
Ejemplo 10	⊙	⊙	⊙	○	△	○	△	△
Ejemplo 11	○	○	○	○	△	○	○	△
Ejemplo 12	⊙	⊙	⊙	⊙	△	△	△	△
Ejemplo 13	⊙	⊙	⊙	○	△	○	○	△
Ejemplo 14	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	△
Ejemplo 15	⊙	⊙	⊙	⊙	△	△	△	△
Ejemplo 16	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙	△	△
Ejemplo 17	○	○	⊙	○	○	⊙	△	△
Ejemplo 18	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	△
Ejemplo 19	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	△
Ejemplo 20	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	△
Ejemplo 21	⊙	⊙	⊙	○	○	○	△	△
Ejemplo 22	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	△
Ejemplo 23	⊙	⊙	⊙	○	○	○	△	△
Ejemplo 24	○	○	○	○	○	○	△	△

5

[Tabla 4]

	Grieta de soldadura (-40 °C a 125 °C)		Grieta de SON enchapado con Sn		Grieta de soldadura (-40 °C a 150 °C)		Hueco	
	Chip A	Chip B	Material de base	Interfaz	Chip A	Chip B	Debajo del electrodo	Filete
Ejemplo Comparativo 1	×	△	△	○	×	×	○	○
Ejemplo Comparativo 2	△	△	○	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 3	×	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 4	△	△	○	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 5	△	△	○	○	×	×	×	△
Ejemplo Comparativo 6	○	○	○	○	×	△	×	×
Ejemplo Comparativo 7	△	△	○	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 8	○	○	○	○	×	△	×	×
Ejemplo Comparativo 9	⊙	⊙	⊙	×	△	△	○	○
Ejemplo Comparativo 10	△	○	○	⊙	×	△	△	×
Ejemplo Comparativo 11	△	○	○	⊙	×	△	△	×

(continuación)

	Grieta de soldadura (-40 °C a 125 °C)		Grieta de SON enchapado con Sn		Grieta de soldadura (-40 °C a 150 °C)		Hueco	
	Chip A	Chip B	Material de base	Interfaz	Chip A	Chip B	Debajo del electrodo	Filete
Ejemplo Comparativo 12	△	△	○	○	×	△	×	△
Ejemplo Comparativo 13	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 14	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 15	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 16	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 17	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 18	△	△	△	○	×	×	×	×
Ejemplo Comparativo 19	△	△	△	○	×	×	×	×

5 Como se describe anteriormente, la junta de soldadura que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo de acuerdo con los ejemplos, incluso en un medio ambiente severo en el cual una diferencia de temperatura es significativa y se aplica una vibración, incluso a través de Bi no se coloca como un elemento esencial, es posible que presente el efecto supresor de la propagación de la grieta en las juntas de soldadura y en la vecindad de las interfaces independientemente del tamaño del chip, e independientemente de si el electrodo tiene o no un enchapado en Ni/Pd/Au o un enchapado en Ni/Au. En particular, se puede observar que las juntas de soldadura de los ejemplos muestran un efecto de supresión de grietas satisfactorio incluso en un medio ambiente severo en el cual la diferencia de temperatura se ajusta desde -40 °C hasta 150 °C usando el aparato de ensayo de golpe térmico de tipo de baño de líquido.

15 Particularmente en el Ejemplo 13 al Ejemplo 24 en los cuales se usan tanto Ni como Co, se puede observar que se puede presentar un efecto supresor de la propagación de grietas satisfactorio en la junta de soldadura y en la vecindad de la interfaz.

Además, aunque Ni o Co estén comprendidos en una cantidad del 0,25 % en peso como en el Ejemplo 12 y en el Ejemplo 15, es posible suprimir la aparición de huecos en los filetes.

20 Por consiguiente, un sustrato de circuitos electrónicos que se expone a una diferencia de temperatura significativa y que comprende la junta de soldadura se puede usar apropiadamente como un circuito electrónico tal como un sustrato de circuito electrónico montado en un automóvil para el cual se necesita alta confiabilidad. Además, el sustrato de circuito electrónico se puede usar apropiadamente en un dispositivo de control electrónico para el cual se necesita más alta confiabilidad.

25 **LISTADO DE NÚMEROS DE REFERENCIA**

- 1 sustrato
- 2 capa aislante
- 30 3 parte de electrodo
- 4 componente electrónico
- 5 electrodo externo
- 6 junta de soldadura
- 7 residuo de fundente
- 35 8 parte de extremo
- 10 cuerpo soldado
- 100 placa de circuitos electrónicos

**REIVINDICACIONES**

1. Una aleación de soldadura sin plomo que comprende:
- 5 el 2 % en peso o más y el 4 % en peso o menos de Ag,  
 el 0,5 % en peso o más y el 0,7 % en peso o menos de Cu,  
 el 3 % en peso o más y el 5 % en peso o menos de Sb; y  
 el 0,03 % en peso de Ni, siendo el resto Sn;  
 comprendiendo además opcionalmente: el 0,001 % en peso o más y 0,25% en peso o menos de Co;  
 10 comprendiendo además opcionalmente: el 6 % en peso o menos de In;  
 comprendiendo además opcionalmente: al menos uno de P, Ga y Ge en una cantidad total del 0,001 % en peso  
 o más y el 0,05 % en peso o menos, y  
 comprendiendo además opcionalmente: al menos uno de Fe, Mn, Cr y Mo en una cantidad total del 0,001 % en  
 peso o más y el 0,05 % en peso o menos.
- 15 2. La aleación de soldadura sin plomo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:  
 el 0,001 % en peso o más y el 0,008 % en peso o menos de Co.
3. La aleación de soldadura sin plomo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,  
 20 en donde la cantidad de Sb es el 3,5 % en peso o más.
4. La aleación de soldadura sin plomo de la reivindicación 2,  
 en donde la cantidad de Ag, Cu, Sb, Ni y Co, en términos de % en peso, satisface la totalidad de las siguientes  
 Expresiones (A) a (D):
- 25  $1,6 \leq \text{la cantidad de Ag} + (\text{la cantidad de Cu}/0,5) \leq 5,4\dots$  (A)  
 $0,73 \leq (\text{la cantidad de Ag}/4) + (\text{la cantidad de Sb}/5) \leq 2,10\dots$  (B)  
 $5 \leq \text{la cantidad de Sb}/\text{la cantidad de Cu} \leq 11,9\dots$  (C)  
 $0 < (\text{la cantidad de Ni}/0,25) + (\text{la cantidad de Co}/0,25) \leq 1,19\dots$  (D)
- 30 5. Un sustrato de circuito electrónico que comprende:  
 una junta de soldadura (6) que se forma usando la aleación de soldadura sin plomo de acuerdo con una cualquiera  
 de las reivindicaciones 1 a 4.
- 35 6. Un dispositivo de control electrónico que comprende:  
 el sustrato de circuito electrónico de acuerdo con la reivindicación 5.

Figura 1

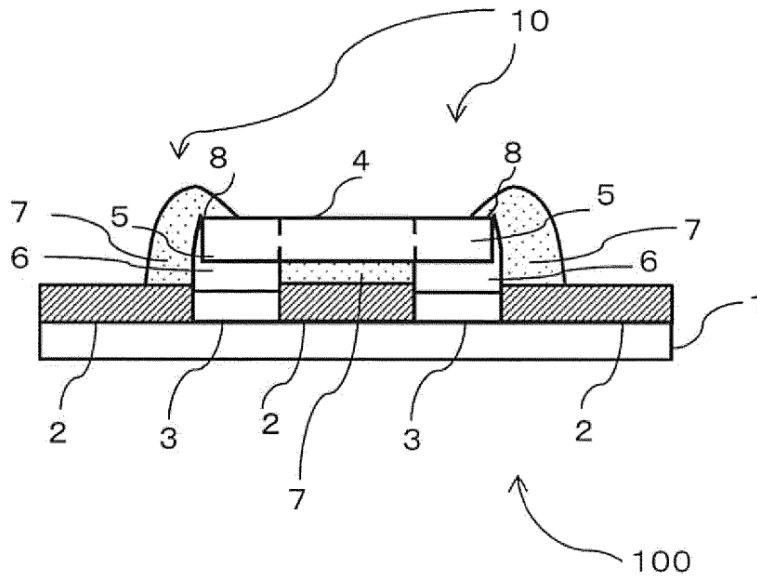


Figura 2

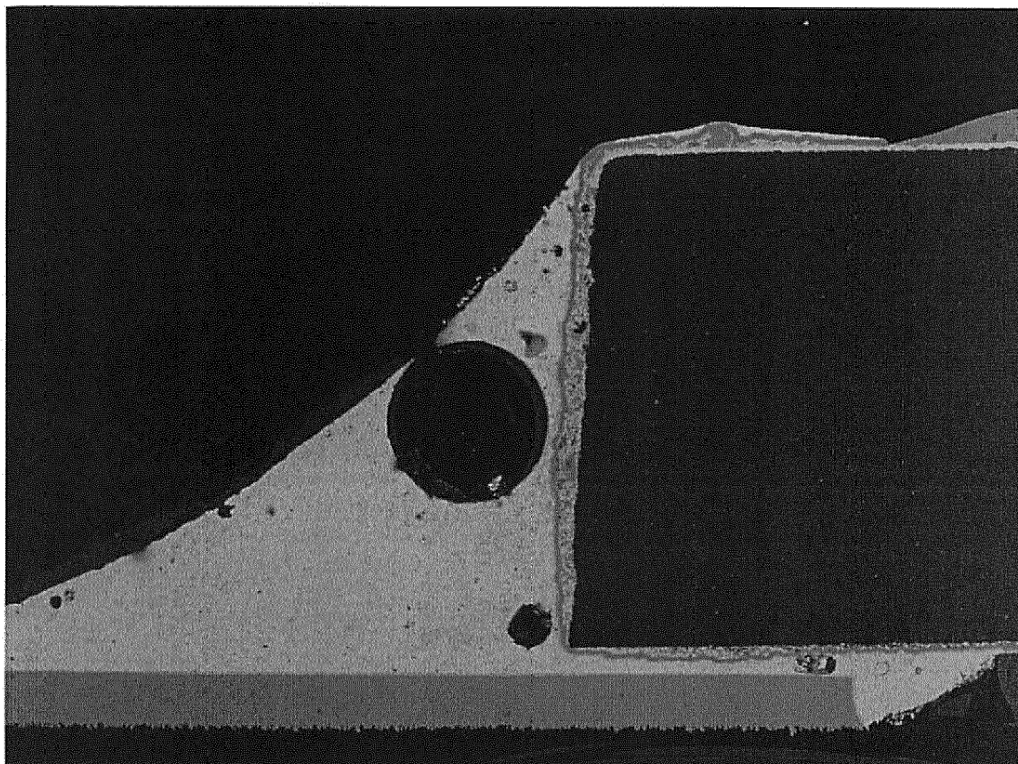


Figura 3

