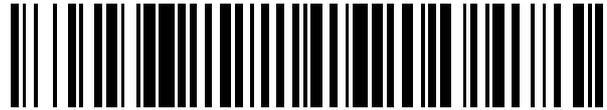


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 152**

51 Int. Cl.:

**C22C 13/02** (2006.01)  
**B23K 1/00** (2006.01)  
**B23K 1/19** (2006.01)  
**B23K 35/26** (2006.01)  
**C22C 12/00** (2006.01)  
**H01L 21/60** (2006.01)  
**H05K 3/34** (2006.01)  
**H01L 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.04.2013 PCT/JP2013/061531**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2014 WO14170994**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2013 E 13882069 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2987876**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.02.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TACHIBANA KEN y**  
**NOMURA HIKARU**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 702 152 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

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una aleación de soldadura sin plomo. Se refiere particularmente a una aleación de soldadura de la serie Sn-Bi-Cu-Ni que es superior en la fiabilidad de la unión.

10 Antecedentes

En los últimos años, un aparato electrónico tal como el teléfono móvil tiene una tendencia hacia su miniaturización y/o adelgazamiento. Un sustrato fino que tiene un espesor de aproximadamente unos mm a 1 mm o menos se ha utilizado a menudo en piezas electrónicas, tales como el dispositivo semiconductor empleado en dicho aparato electrónico.

15 Por otra parte, en el pasado, una aleación de soldadura Sn-Ag-Cu ha sido ampliamente utilizada como soldadura sin plomo. La aleación de soldadura Sn-Ag-Cu tiene un punto de fusión relativamente alto e incluso una aleación de soldadura Sn-3Ag-0,5Cu que tiene una composición eutéctica muestra un punto de fusión de aproximadamente 220 grados C. Por esta razón, al realizar la soldadura en electrodos del sustrato fino mencionado anteriormente con la aleación de soldadura Sn-Ag-Cu, el sustrato se puede deformar por calor cuando se une a ello, de modo que se puede producir cualquier fallo de unión.

20 Para evitar este fallo de unión, a menudo se ha llevado a cabo realizar la soldadura a baja temperatura para suprimir cualquier deformación en el sustrato fino, mejorando así la fiabilidad de la unión. Una aleación de soldadura Sn-Bi se conoce como la aleación de soldadura que tiene un bajo punto de fusión, que puede corresponder a esto. Entre estas aleaciones de soldadura, una aleación de soldadura Sn-58Bi tiene un punto de fusión muy bajo de aproximadamente 140 grados C y puede suprimir la deformación en el sustrato.

25 Sin embargo, Bi es naturalmente un elemento frágil y la aleación de soldadura Sn-Bi también es frágil. Incluso cuando el contenido de Bi de la aleación de soldadura Si-Bi disminuye, se vuelve frágil porque Bi se segrega en Sn. Una junta de soldadura soldada mediante el uso de la aleación de soldadura Sn-Bi puede generar grietas debido a su fragilidad cuando se le añade un esfuerzo considerable a la misma de modo que su resistencia mecánica pueda deteriorarse.

30 Además, para hacer frente a la miniaturización de las partes electrónicas, un área del sustrato que se utiliza para ello ha de ser más estrecha y ha de realizarse una miniaturización del electrodo y/o un paso estrecho entre los electrodos. Adicionalmente, debido a que la cantidad de aleación de soldadura utilizada al realizar la soldadura disminuye, la resistencia mecánica de la junta de soldadura se deteriora.

35 Por lo tanto, el documento de patente 1 desvela la aleación de soldadura sin plomo Sn-Bi-Cu-Ni en la que se añaden Cu y Ni a la aleación de soldadura Sn-Bi para realizar cualquier porción unida a la soldadura que tenga una alta resistencia de unión. Según este documento, esta porción unida que utiliza esta aleación de soldadura mejora su resistencia mecánica porque cualquier compuesto intermetálico que tenga una estructura de empaque hexagonal más cercana se forma en la porción unida de soldadura y/o en una interfaz de junta de soldadura.

Documento de la técnica anterior

Documento de patente

50 Documento de patente 1: Publicación de solicitud de patente japonesa n.º 2013-00744.

Sumario de la invención

55 Problemas a resolver por la invención

El electrodo de las piezas electrónicas está fabricado normalmente de Cu y este electrodo de Cu está recubierto generalmente por un revestimiento chapado de Ni no electrolítico, un revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico o un revestimiento chapado de Ni/Pd/Au no electrolítico. De este modo, el revestimiento chapado no electrolítico con un metal noble tal como Au y una combinación de Au y Pd se realiza en el electrodo de Cu. El revestimiento chapado de Au suprime la oxidación del revestimiento chapado de Ni con revestimiento chapado inferior y mejora la humectabilidad de la soldadura fundida. El revestimiento chapado de Ni no electrolítico forma un revestimiento chapado de Ni que contiene una cantidad considerable de P derivado de un agente reductor (por ejemplo, hipofosfito de sodio) que se utiliza en el revestimiento chapado no electrolítico. Tal revestimiento chapado de Ni contiene al menos un determinado porcentaje en masa, por ejemplo, 2 a 15 % en masa de P.

Sin embargo, aunque el documento de patente 1 desvela que Cu y Ni se añaden a la aleación de soldadura Sn-Bi para formar los compuestos intermetálicos que tienen una estructura de empaque hexagonal más cercana en la interfaz de junta entre la aleación de soldadura y una parte de cableado de Cu derivada del electrodo, no desvela específicamente ningún componente de aleación ni desvela ningún resultado para establecer un efecto de alta resistencia de unión. Aunque el mismo documento desvela un intervalo de contenido de Cu y Ni que se añadirá a un componente en el que Sn es de 57 % atm y Bi es de 43 % atm, no se sabe cómo mejorar la resistencia de la unión dentro de todo este intervalo.

Además, aunque el mismo documento desvela partes de cableado de Cu de la placa de circuito impreso y partes de cableado, cada una de las cuales no contiene Cu como objeto a unir con la aleación de soldadura, se desconoce qué tipo de configuración tiene el objeto a unir, excepto que las partes de cableado están fabricadas de Cu. Dado que el mismo documento no desvela específicamente ningún componente de aleación de la aleación de soldadura como se ha indicado anteriormente, ni desvela ni soporta ninguna condición de la interfaz de junta, excepto que los compuestos metálicos se forman en la interfaz de junta entre el electrodo y la aleación de soldadura. Por lo tanto, cuando todas las aleaciones de soldadura que cumplen con el contenido de Bi, Cu y Ni desveladas en el mismo documento se utilizan para soldar el electrodo de Cu en el que, por ejemplo, se ha realizado el revestimiento chapado de Ni no electrolítico, es difícil pensar que los siguientes problemas se pueden resolver de esta manera.

Al realizar la soldadura en el electrodo de Cu en el que se ha realizado el revestimiento chapado de Ni no electrolítico, Ni se difunde preferentemente en la aleación de soldadura porque Ni en la aleación de soldadura tiene un mayor coeficiente de difusión que el de P. Una porción que es relativamente más alta en concentración de P se genera en la interfaz de junta entre la aleación de soldadura y el electrodo, de modo que se forma una denominada capa rica en P. Dado que esta capa rica en P es sólida y frágil, hace que la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura se deteriore. Cuando se corta la junta de soldadura que tiene una capa rica en P de este tipo mediante un cizallamiento, se genera un fenómeno tal que se expone cualquier capa de revestimiento chapado de Ni. Este cizallamiento se produce al desprenderse la capa rica en P que se forma en el electrodo en lugar de cizallamiento de la propia junta de soldadura. Por lo tanto, la formación de una capa rica en P ejerce una mala influencia sobre la fiabilidad de la unión de la junta de soldadura.

De manera similar, cuando se realiza la soldadura en el electrodo de Cu en el que no se ha realizado ningún revestimiento chapado, no es seguro si todas las aleaciones de soldadura que cumplen con las regiones de unión de los elementos desvelados en el mismo documento indican una alta resistencia de unión. El documento de patente US 6.156.132 describe una soldadura sin Pb, que consiste en Bi y un resto Sn. La reivindicación 5 del D1 desvela una aleación de soldadura que consiste en  $0-58\%$  de Bi,  $0 < Ni \leq 0,2$ ,  $0 < Cu \leq 1$ , y al menos uno de  $0 < Ge \leq 0,1$ ,  $0 < Ag \leq 5$ ,  $0 < Sb \leq$ , resto Sn.

En este caso, es un problema de la presente invención proporcionar una aleación de soldadura sin plomo de la serie Sn-Bi-Cu-Ni que tenga un bajo punto de fusión, buena ductilidad y alta resistencia a la tracción, suprima la tensión térmica en el sustrato mediante una alta resistencia al cizallamiento indicada por la junta de soldadura formada al realizar la soldadura en el electrodo de Cu en el que se ha realizado el revestimiento chapado de Ni no electrolítico, y es superior en fiabilidad de unión. Además, es un problema de la presente invención proporcionar una aleación de soldadura sin plomo de la serie Sn-Bi-Cu-Ni que sea superior en la fiabilidad de la unión incluso para el electrodo de Cu en el que no se ha realizado ningún revestimiento chapado por alta resistencia al cizallamiento indicada por la junta de soldadura formada por la soldadura.

Medios para resolver los problemas

Los inventores se han centrado en eso para mejorar la resistencia al cizallamiento al realizar la soldadura en un electrodo que tiene una capa de revestimiento chapado de Ni que contiene P, que está formado por el revestimiento chapado de Ni no electrolítico, Ni en la aleación de soldadura tiene un mayor coeficiente de difusión que el de P. Los inventores se han dado cuenta después de que es posible suprimir el crecimiento de la capa rica en P mediante la supresión de la difusión de Ni en la aleación de soldadura al realizar la soldadura y han estudiado ansiosamente mejorar la resistencia al cizallamiento.

En primer lugar, los inventores han realizado la soldadura en el electrodo que tiene la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico añadiendo simplemente de manera aproximada 0,5 % en masa de Cu a la aleación de soldadura Sn-Bi, de modo que han descubierto que la junta de soldadura formada por la soldadura es inferior en la resistencia al cizallamiento. Por consiguiente, también han descubierto que incluso cuando el contenido de Cu aumenta hasta 1,1 % en masa en esta aleación de soldadura Sn-Bi-Cu, su resistencia al cizallamiento no aumenta, el punto de fusión aumenta y su ductilidad se deteriora considerablemente. Es decir, los inventores han descubierto que incluso cuando solo se añade Cu a la soldadura Sn-Bi, es imposible mejorar la resistencia al cizallamiento en la junta de soldadura formada y los contenidos de Cu pueden causar un programa tal que el punto de fusión de la misma sea mayor y su ductilidad descienda.

Basándose en el hallazgo anterior, simplemente añadiendo Cu al mismo, los inventores se han centrado en el contenido de Cu que se añadirá a la aleación de soldadura Sn-Bi y Ni, que es una solubilidad sólida completa con

Cu y han investigado con precisión el contenido de Ni. Como resultado de ello, los inventores han descubierto que cuando contiene 0,3 a 1,0 % en masa de Cu y 0,01 a 0,06 % en masa de Ni, tiene un punto de fusión bajo, buena ductilidad y alta resistencia a la tracción y suprime el crecimiento de la capa rica en P así como la resistencia al cizallamiento se mejora considerablemente en la junta de soldadura formada en el electrodo de Cu que tiene la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico. Por consiguiente, los inventores han descubierto que es posible reducir cualquier deformación en el sustrato cuando se realiza la soldadura basándose en el adelgazamiento del sustrato para que se pueda proporcionar una excelente fiabilidad de unión. Además, los inventores han realizado la soldadura en el electrodo de Cu en el que no se ha realizado ningún revestimiento chapado de Ni no electrolítico para verificar su multiplicidad de usos, de modo que han descubierto que la junta de soldadura formada en dicho electrodo de Cu también indica alta resistencia al cizallamiento, similar a la junta de soldadura formada en el electrodo de Cu que tiene la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico, completando así la invención.

En este caso, la presente invención es como sigue:

(1) Una aleación de soldadura sin plomo que tiene una composición de aleación que consiste esencialmente en 31 a 59 % en masa de Bi, 0,3 a 1,0 % en masa de Cu, 0,01 a 0,06 % en masa de Ni y al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste 0,001 a 0,7 % en masa de P y 0,001 a 0,003 % en masa de Ge, y un resto de Sn en el que la soldadura de aleación tiene un punto de fusión de 185 grados C o menos, una resistencia a la tracción de 70 MPa o más y elongación de 65 % o más.

(2) La soldadura de aleación sin plomo descrita en el artículo (1) mencionado anteriormente, consiste esencialmente en 31 a 59 % en masa de Bi, 0,3 a 1,0 % en masa de Cu, 0,01 a 0,06 % en masa de Ni, y al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en P y Ge en un total de 0,003 a 0,05 % en masa y un resto de Sn.

(3) Una junta de soldadura formada en un electrodo de Cu que tiene una capa de revestimiento chapado de Ni utilizando la aleación de soldadura sin plomo descrita en el artículo (1) o (2) mencionado anteriormente.

(4) La junta de soldadura descrita en la reivindicación 3 en la que comprende además una capa rica en P formada en una interfaz entre la aleación de soldadura sin plomo y la capa de revestimiento chapado de Ni.

(5) Un sustrato con un espesor de 5 mm o menos y varios electrodos de Cu, cada uno con una capa de revestimiento chapado de Ni en el que cada uno de los electrodos de Cu incluyen una junta de soldadura formada por la aleación de soldadura sin plomo descrita en el artículo (1) o (2) mencionado anteriormente.

(6) El sustrato según la reivindicación 5 en el que la capa de revestimiento chapado de Ni contiene P.

La aleación de soldadura sin plomo según la invención es aplicable al uso de la soldadura en el electrodo de Cu formado en un sustrato fino con un espesor de 5 mm o menos, sobre el cual se lleva a cabo el revestimiento chapado de Ni no electrolítico. El efecto de la invención se exhibe mejor por la mejora de su fiabilidad de la junta de soldadura debido al crecimiento de la capa rica en P en la interfaz de junta, lo que provoca que la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura se deteriore, se suprima y que la aleación de soldadura tenga buena ductilidad (elongación) y una alta resistencia a la tracción. Además, la aleación de soldadura sin plomo según la invención también es aplicable al uso de la soldadura en el electrodo de Cu en el que no se ha realizado ningún revestimiento chapado de Ni no electrolítico.

Breve descripción de los dibujos

[FIG.1] FIG. 1 es una fotografía de 300 aumentos que muestra una superficie de un electrodo de Cu en el que se ha realizado el revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico después de que el electrodo de Cu se haya soldado utilizando una aleación de soldadura Sn-58Bi y la porción unida de la soldadura se corta y se retira.

[FIG.2] Las FIGS. 2(a) y 2(b) son fotografías en sección, cada una de las cuales muestra una vecindad de una interfaz entre la porción unida a la soldadura y el electrodo de Cu en el que se realizó el revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico, cada uno de 800 aumentos, cuando se forma una junta de soldadura soldando el electrodo de Cu; y las FIGS. 2(c) y 2(d) son fotografías en sección, cada una de las cuales muestra una vecindad de una interfaz entre la porción unida a la soldadura y el electrodo de Cu en el que se ha realizado el revestimiento chapado de Ni/Pd/Au no electrolítico, cada uno de 800 aumentos, cuando una junta de soldadura se forma soldando el electrodo de Cu.

[FIG.3] FIG. 3 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (electrodo de Cu) en la aleación de soldadura Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni.

[FIG.4] FIG.4 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (electrodo de Ni/Au no electrolítico) en la aleación de soldadura Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni.

[FIG.5] FIG. 5 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la elongación de la aleación en la aleación de soldadura Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni.

[FIG.6] FIG. 6 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (electrodo de Cu) en la aleación de soldadura de Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni.

[FIG. 7] FIG. 7 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (electrodo de Ni/Au no electrolítico) en la aleación de soldadura de Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni.

[FIG. 8] FIG. 8 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la elongación de la aleación en la aleación de soldadura de Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni.

Realización para llevar a cabo la invención

Lo siguiente describirá la invención más detalladamente. En esta memoria descriptiva, el término, % relacionado con las composiciones de aleación de soldadura indica % en masa, a menos que se indique lo contrario.

La aleación de soldadura sin plomo según la invención es una aleación de soldadura Sn-Bi-Cu-Ni que contiene Cu y Ni. Dado que Cu y Ni tienen una solubilidad sólida completa, en la aleación de soldadura sin plomo según la invención que contiene previamente Cu y Ni, la solubilidad de Cu y Ni se reduce de modo que es posible suprimir la difusión de Cu y Ni del electrodo a la aleación de soldadura. La supresión de la difusión de Ni puede suprimir el crecimiento de la capa rica en P que se forma en la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico. En este caso, parece que también es posible suprimir la difusión de Cu y Ni añadiendo solo Cu a una aleación de soldadura Sn-Bi para aumentar el contenido de Cu.

Sin embargo, dado que incluso si el contenido de Cu se incrementa simplemente en una aleación de soldadura Sn-Bi-Cu, el compuesto Cu Sn también aumenta en la interfaz de junta con el electrodo y en la aleación de soldadura, su resistencia al cizallamiento se deteriora, un punto de fusión de la propia aleación de soldadura se vuelve más alto y se reduce su ductilidad. Por lo tanto, la aleación de soldadura Sn-Bi-Cu no es utilizable para la soldadura en el electrodo de Cu que tenga cualquier capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico.

En este caso, Ni se enumera como un elemento para reducir la solubilidad del Ni sin aumentar el contenido de Cu. Cuando la aleación de soldadura contiene una pequeña cantidad de Ni, la aleación de soldadura indica un bajo punto de fusión y una alta ductilidad. Cuando se lleva a cabo un revestimiento chapado de Ni no electrolítico, tal como el revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico o el revestimiento chapado de Ni/Pd/Au no electrolítico en el electrodo, la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura se mejora considerablemente al suprimir la difusión de Ni a la aleación de soldadura y suprimir el crecimiento de la capa rica en P frágil.

Además, la aleación de soldadura sin plomo según la invención tiene una baja solubilidad de Cu porque contiene cantidades predeterminadas de Cu y Ni. Para el electrodo de Cu que tiene una capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico, es posible suprimir la difusión de Cu a la aleación de soldadura y suprimir el exceso de formación del compuesto Sn Cu frágil formado en la interfaz de junta y la aleación de soldadura de manera que la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura se mejora. Como resultado de ello, en esta invención, es posible suprimir cualquier deformación en el sustrato fino cuando se realiza la soldadura, independientemente de si se realiza o no el revestimiento chapado en el electrodo de Cu, y mantener la buena fiabilidad de unión.

Como se ha descrito anteriormente, la capa de revestimiento chapado de metal noble como Au y Au/Pd o su aleación se forma normalmente en la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico. La capa de revestimiento chapado de Au se forma sobre la capa de revestimiento chapado de Ni. Sin embargo, la capa de revestimiento chapado de Au tiene un espesor muy fino de aproximadamente 0,05  $\mu\text{m}$  y se difunde en la aleación de soldadura para desaparecer al realizar la soldadura. Por lo tanto, al evaluar varios tipos de características en esta invención, no es necesario tener particularmente en cuenta la capa de revestimiento chapado de Au y otra capa de revestimiento chapado de metales nobles.

En esta invención, la razón por la cual los componentes de la aleación de soldadura están limitados es la siguiente:

El contenido de Bi es de 31 % a 59 %. Bi reduce el punto de fusión de la aleación de soldadura. Cuando el contenido de Bi es inferior a 31 %, el punto de fusión del mismo es alto, de modo que el sustrato se deforma cuando se realiza la soldadura. Cuando el contenido de Bi es superior a 59 %, la resistencia a la tracción y la ductilidad del mismo se deterioran debido a la precipitación de Bi. El contenido de Bi es preferentemente de 31 % a 59 %, más preferentemente, de 35 % a 58 %.

Además, contiene al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en 0,001 a 0,7 % en masa de O y 0,001 a 0,03 % en masa de Ge y un

El contenido de Cu es de 0,3 % a 1,0 %. Cu suprime la difusión de Ni en la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico a la aleación de soldadura y suprime el crecimiento de la capa rica en P generada en una interfaz entre la capa de revestimiento chapado de Ni y la porción unida a la soldadura. Además, dado que suprime la difusión de Cu, suprime la formación de exceso del compuesto de Sn Cu frágil formado en la interfaz de junta entre el electrodo de Cu en el que no se realiza el revestimiento chapado de Ni no electrolítico y la porción unida a la soldadura y en la aleación de soldadura de manera que se mejora la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura. Cuando el contenido de Cu es inferior a 0,3 %, es imposible suprimir la capa rica en P o el exceso de formación del compuesto de Sn Cu, por lo que se reduce su resistencia al cizallamiento. Cuando el contenido de Cu es superior a 1,0 %, se forma en exceso un compuesto intermetálico con Sn en la aleación de soldadura, de modo que se reduce la

ductilidad de la aleación de soldadura. Además, el punto de fusión de la aleación de soldadura se vuelve muy alto, por lo que se reduce la humectabilidad de la aleación de soldadura. Adicionalmente, se produce cualquier deformación en el sustrato, de modo que se deteriora su capacidad de trabajo. El contenido de Cu es preferentemente de 0,3 % a 0,8 %, más preferentemente de 0,3 % a 0,7 %.

El contenido de Ni es de 0,01 % a 0,06 %. La adición de Ni ayuda a cualquier efecto de Cu para suprimir la difusión de Ni, y expresa un efecto de supresión del crecimiento de la capa rica en P para mejorar aún más la resistencia al cizallamiento. Cuando el contenido de Ni es inferior a 0,01 %, es imposible exhibir el efecto de mejorar la resistencia al cizallamiento. Cuando el contenido de Ni es superior a 0,06 %, el compuesto de Sn y Ni se forma en exceso en la aleación de soldadura, de modo que se reduce su ductilidad. El contenido de Ni es preferentemente de 0,02 % a 0,05 %.

La aleación de soldadura sin plomo según la invención puede contener al menos uno de los elementos seleccionados entre un grupo que consiste en P y Ge, preferentemente en un total de 0,003 % a 0,05 %. La adición de estos elementos suprime el crecimiento de la capa rica en P para mejorar la resistencia al cizallamiento de la junta de soldadura, de manera similar en un caso en el que no se añaden, y exhibe un efecto para evitar que la aleación de soldadura se decolore a amarillo o similares (de aquí en adelante, se refiere como "amarillo" apropiadamente) debido a su oxidación. La aleación de soldadura sin plomo según la invención puede utilizarse en forma de bola de soldadura. Las bolas de soldadura se montan en un sustrato de módulo y se instalan en los electrodos por reflujo. Luego se determina si la soldadura se realiza o no utilizando cualquier reconocimiento por imagen. Cuando la bola de soldadura está amarilleada por el oxígeno que inevitablemente se mezcla en una atmósfera de reflujo por calentamiento en el reflujo, se determina que la bola de soldadura amarillenta es defectuosa porque el reconocimiento por imagen no puede reconocer tal bola. Por lo tanto, la bola de soldadura es ventajosa para no amarillearse durante el reflujo. La aleación de soldadura sin plomo según la invención puede evitar cualquier error en una inspección de calidad por golpes al contener al menos uno de los elementos seleccionados entre un grupo que consiste en P y Ge y evitar que se decolore con oxígeno o similares.

Desde estos puntos de vista, contiene al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en 0,01 % a 0,07 % en masa de P y 0,001 % a 0,03 % en masa de P.

La aleación de soldadura sin plomo según la invención que tiene estos componentes de aleación no expone ninguna capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico del electrodo cuando la porción unida a la soldadura de la junta de soldadura se corta y se retira. Esto se debe a que, como se ha descrito anteriormente, la aleación de soldadura sin plomo según la invención puede suprimir la difusión de Ni en la capa de revestimiento chapado de Ni no electrolítico y suprimir el crecimiento de la capa rica en P formada sobre una superficie de la capa de revestimiento chapado. Como resultado de ello, en la aleación de soldadura sin plomo según la invención, se mejora considerablemente una característica mecánica, particularmente la resistencia al cizallamiento de la interfaz de la porción unida.

Además, la aleación de soldadura sin plomo según la invención se puede utilizar en forma de preforma, alambre, pasta de soldadura, bola de soldadura o similares. La aleación de soldadura sin plomo según la invención tiene una alta resistencia a la tracción y ductilidad y una alta resistencia al cizallamiento. En consecuencia, en el caso de que se utilice en forma de bola de soldadura, es posible miniaturizar la bola de soldadura de manera que sea menor que la bola de soldadura convencional, que puede corresponder suficientemente al adelgazamiento del sustrato y a la miniaturización del electrodo, que se utilizan en las piezas electrónicas o similares.

La aleación de soldadura sin plomo según la invención puede formar la junta de soldadura uniendo los electrodos del paquete (PKG), tal como el chip IC a los electrodos del sustrato, como la placa de circuito impreso (PCI). En este caso, la aleación de soldadura sin plomo según la invención mantiene una alta ductilidad y resistencia a la tracción, así como una excelente resistencia al cizallamiento cuando se aplica a la junta de soldadura, como se ha descrito anteriormente. De este modo, los electrodos y las porciones unidas a la soldadura no se rompen entre sí, incluso cuando se produce una deformación ligeramente en el sustrato en el reflujo, de modo que es posible mantener la buena fiabilidad de unión incluso cuando se utiliza el sustrato que es más fino que el del sustrato convencional. La junta de soldadura según esta invención incluye un electrodo y la porción unida a la soldadura. La porción unida a la soldadura se refiere como "una porción que está formada principalmente por la aleación de la soldadura".

El sustrato según la invención tiene un espesor de 5 mm o menos y una pluralidad de electrodos de Cu, cada uno de los cuales tiene una capa de revestimiento chapado de Ni. Cada electrodo de Cu tiene la junta de soldadura formada utilizando la aleación de soldadura sin plomo según la invención. Dado que, en el sustrato según la invención, la junta se forma utilizando la aleación de soldadura sin plomo según la invención que tiene un bajo punto de fusión y buena ductilidad, incluso cuando el sustrato tiene un espesor de 5 mm o menos, se suprime la aparición de su curvatura y su excelente fiabilidad de unión. El espesor del sustrato es preferentemente de 3 mm o menos, más preferentemente, de 2 mm o menos. Como material del sustrato, se enumeran Si, epoxi de vidrio, fenol de papel, baquelita y similares. Como los electrodos los tiene el sustrato, los electrodos de Cu sobre los cuales no se realiza el revestimiento chapado, los electrodos de Cu sobre los cuales se realiza cualquier revestimiento chapado de Ni o similar, se enumeran los electrodos de Ni.

Al utilizar material de alta pureza o bajo material de rayos  $\alpha$  en la aleación de soldadura sin plomo según la invención, es posible fabricar una aleación de soldadura sin plomo con un contenido bajo en rayos. Cuando esta aleación de soldadura se utiliza en una memoria, es posible evitar que ocurran errores leves.

5 [Realizaciones]

Las aleaciones de soldadura que se muestran en la Tabla 1 fueron fabricadas. Utilizando estas aleaciones de soldadura, se midieron los puntos de fusión de las aleaciones de soldadura, su resistencia a la tracción, su elongación (ductilidad). Utilizando la junta de soldadura formada utilizando estas aleaciones de soldadura, la medición del espesor de la capa rica en P, la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de exposición del porcentaje de exposición de la placa se obtuvieron de la siguiente manera. El resultado del mismo se muestra en la Tabla 1.

(Puntos de fusión de aleaciones de soldadura)

15 Los puntos de fusión se midieron en grados C bajo una condición de velocidad de aumento de la temperatura de 5 grados C/min utilizando calorimetría de barrido diferencial (DSC6200) por SEIKO Instrument Inc. se midieron a grados C.

(Resistencia a la tracción y elongación (ductilidad))

20 Las aleaciones de soldadura mostradas en la Tabla 1 se formaron de manera que fueran una forma predeterminada. Su resistencia a la tracción (MPa) y elongación (%) se midieron en una condición de velocidad de carrera de 6,0 mm/min y velocidad de deformación de 0,33 %/s utilizando una máquina de prueba de resistencia a la tracción (AUTO GRAPH AG-20kN de Shimazu Corporation). Cuando tiene una resistencia a la tracción de 70 MPa o más y la elongación de 65 % o más, se puede utilizar sin problemas en el uso práctico.

(Espesor de la capa rica en P)

30 La soldadura se realizó de modo que las aleaciones de soldadura mostradas en la Tabla 1 se unieron a electrodos de Cu en PCI con un espesor del sustrato de 1,2 mm, en el que se realizó el revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico (en adelante, se hace referencia a estos electrodos de Cu como "electrodos de Ni/Au no electrolítico"), cada electrodo tiene un diámetro de 0,24 mm. La soldadura se realizó de manera que mediante el uso de un flujo acuoso (WF-6400 fabricado por SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD), se montaron bolas de soldadura con un diámetro de 0,3 mm cada una, que fueron fabricadas por las aleaciones de soldadura, en el sustrato después de que se aplicara a las mismas un flujo acuoso y se soldaron mediante un método de reflujo bajo un perfil de reflujo en el que la temperatura máxima se estableció en 210 grados C. Por lo tanto, se obtuvieron muestras en las que se formaron las uniones de soldadura.

40 El espesor de la capa rica en P de cada muestra se determinó sobre la base de la fotografía por MEB mediante la inspección de una sección de una vecindad de una interfaz entre la porción unida a la soldadura y la capa de revestimiento chapado de Ni. Específicamente, las fotografías se analizaron utilizando un microscopio electrónico (JSM-7000F fabricado por Japan Electron Optics Laboratory), la capa rica en P y la capa no rica en P se separaron una de la otra clasificándolas según los colores y el espesor de la capa rica en P se midió a ( $\mu\text{m}$ ). En 5 muestras fabricadas bajo la misma condición, los espesores de su capa rica en P se midieron de manera similar y se determinó que su valor promedio era el espesor de la capa rica en P.

(Resistencia al cizallamiento)

50 Con respecto a los electrodos en la PCI mencionada anteriormente, se utilizaron dos especies de electrodos, tales como los electrodos de Cu, en los cuales no se realizó el revestimiento chapado (de aquí en adelante, meramente referidos como "electrodos de Cu") y los electrodos de Ni/Au no electrolítico y la soldadura fue realizado de manera que se unieron a las aleaciones de soldadura que se muestran en la Tabla 1. La resistencia al cizallamiento de cada una de estas muestras se midió en (N) mediante un aparato de medición de resistencia al cizallamiento (SERIES 4000HS fabricado por DAGE Corporation) en una condición de 1.000 mm/s. Cuando la resistencia al cizallamiento es de 3.00 N o más en los electrodos de Cu y la resistencia al cizallamiento es de 2,60 N o más en los electrodos de Ni/Au no electrolítico, se puede utilizar sin tener ningún problema en el uso práctico.

(Porcentaje de exposición de la placa)

60 Las fotografías de MEB se fotografiaron en una superficie de cada uno de los electrodos de Ni/Au no electrolítico de las muestras sometidas a ensayo de resistencia al cizallamiento después de que la porción unida a la soldadura se cortó y se retiró. Una región de la que se expuso Ni se identificó realizando un análisis EDS y utilizando un software de análisis de imágenes (Scandium) realizado por Seika Corporation, se obtuvo un área de la región. Finalmente, el porcentaje (%) de exposición de la placa se calculó dividiendo el área de la región desde la cual la capa de revestimiento chapado de Ni se expuso por el área completa del electrodo.

[Tabla 1]

	COMPOSICIÓN (% EN MASA)					PUNTO DE FUSIÓN (°C)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN (%)	ESPESOR DE LA CAPA RICA EN P (µm)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (N)		PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN A LA PLACA (5)	
	Sn	Bi	Cu	Ni	P					Ge	ELECTRODO DE CU		ELECTRODO DE Ni/Au NO ELECTROLÍTICO
REALIZACIÓN 1	resto	35	0,3	0,03	0	0	183,1	79,9	78,2	0,011	3,21	2,85	0
REALIZACIÓN 2	resto	35	0,7	0,03	0	0	183,8	80,2	78,0	0,010	3,38	2,78	0
REALIZACIÓN 3	resto	35	0,7	0,03	0	0	183,2	81,3	76,1	0,010	3,49	2,89	0
REALIZACIÓN 4	resto	35	0,5	0,01	0	0	183,7	79,3	77,2	0,013	3,14	2,77	0
REALIZACIÓN 5	resto	35	0,5	0,06	0	0	183,9	80,4	76,5	0,012	3,38	2,87	0
REALIZACIÓN 6	resto	40	0,3	0,03	0	0	173,9	77,9	87,3	0,012	3,29	2,75	0
REALIZACIÓN 7	resto	40	0,5	0,03	0	0	173,5	78,2	87,1	0,010	3,18	2,85	0
REALIZACIÓN 8	resto	40	0,7	0,03	0	0	173,8	78,3	86,4	0,010	3,22	2,67	0
REALIZACIÓN 9	resto	40	0,9	0,03	0	0	174,3	77,6	84,1	0,013	3,21	2,62	0
REALIZACIÓN 10	resto	40	0,5	0,01	0	0	173,5	79,3	88,3	0,013	3,19	2,74	0
REALIZACIÓN 11	resto	40	0,5	0,06	0	0	174,1	78,9	89,4	0,012	3,32	2,77	0
REALIZACIÓN 12	resto	45	0,3	0,03	0	0	165,7	77,4	75,3	0,009	3,28	2,81	0

	COMPOSICIÓN (% EN MASA)					PUNTO DE FUSIÓN (°C)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN (%)	ESPESOR DE LA CAPA RICA EN P (µm)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (N)		PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN A LA PLACA (5)	
	Sn	Bi	Cu	Ni	P					Ge	ELECTRODO DE CU		ELECTRODO DE Ni/Au NO ELECTROLÍTICO
REALIZACIÓN 13	resto	45	0,5	0,03	0	0	165,2	78,1	75,1	0,014	3,31	2,86	0
REALIZACIÓN 14	resto	45	0,7	0,03	0	0	165,0	78,5	76,6	0,012	3,38	2,79	0
REALIZACIÓN 15	resto	45	0,5	0,01	0	0	1165,3	77,9	75,6	0,010	3,23	2,78	0
REALIZACIÓN 16	resto	45	0,5	0,06	0	0	167,7	78,8	75,0	0,013	3,34	2,71	0
REALIZACIÓN 17	resto	58	0,3	0,03	0	0	139,8	74,6	68,5	0,012	3,21	2,76	0
REALIZACIÓN 18	resto	58	0,5	0,03	0	0	140,2	75,8	67,3	0,008	3,24	2,75	0
REALIZACIÓN 19	resto	58	0,7	0,03	0	0	139,7	74,9	67,2	0,014	3,39	2,75	0
REALIZACIÓN 20	resto	58	0,5	0,01	0	0	140,0	75,3	68,1	0,012	3,16	2,78	0
REALIZACIÓN 21	resto	58	0,5	0,06	0	0	139,9	75,9	66,9	0,010	3,26	2,69	0
REALIZACIÓN 22	resto	35	0,5	0,010,003	0	0	184,0	78,9	77,4	0,011	3,21	2,72	0
REALIZACIÓN 23	resto	35	0,5	0,06	0,05	0	184,5	78,3	75,3	0,013	3,12	2,89	0
REALIZACIÓN 24	resto	40	0,5	0,010,003	0	0	173,4	78,3	89,2	0,012	3,21	2,79	0

	COMPOSICIÓN (% EN MASA)						PUNTO DE FUSIÓN (°C)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN (%)	ESPESOR DE LA CAPA RICA EN P (µm)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (N)		PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN A LA PLACA (5)
	Sn	Bi	Cu	Ni	P	Ge					ELECTRODO DE CU	ELECTRODO DE Ni/Au NO ELECTROLÍTICO	
REALIZACIÓN 25	resto	40	0,5	0,06	0,05	0	173,7	79,1	86,9	0,013	3,33	2,74	0
REALIZACIÓN 26	resto	45	0,5	0,01	0,003	0	165,1	77,6	77,1	0,011	3,28	2,71	0
REALIZACIÓN 27	resto	45	0,5	0,06	0,5	0	165,7	77,3	74,3	0,014	3,38	2,85	0
REALIZACIÓN 28	resto	58	0,5	0,01	0,003	0	139,6	75,1	68,1	0,012	3,15	2,73	0
REALIZACIÓN 29	resto	58	0,5	0,06	0,05	0	140,3	75,9	66,3	0,013	3,31	2,72	0
REALIZACIÓN 30	resto	35	0,5	0,01	0	0,003	184,1	78,5	78,1	0,011	3,15	2,78	0
REALIZACIÓN 31	resto	58	0,5	0,06	0	0,05	140,4	77,9	65,8	0,012	3,28	2,81	0
REALIZACIÓN 32	resto	35	0,5	0,01	0,0015	0,0015	183,9	78,3	76,9	0,012	3,17	2,77	0
REALIZACIÓN 33	resto	58	0,5	0,06	0,25	0,025	140,1	76,9	66,4	0,012	3,19	2,75	0
EJEMPLO COMPARATIVO 1	resto	58	0	0	0	0	140,0	69,7	65,8	0,092	2,30	2,01	59
EJEMPLO COMPARATIVO 2	resto	40	0,5	0	0	0	173,4	76,1	80,9	0,016	2,61	2,43	0
EJEMPLO COMPARATIVO 3	resto	40	0	0,03	0	0	174,4	75,3	81,7	0,046	2,63	2,26	49

	COMPOSICIÓN (% EN MASA)					PUNTO DE FUSIÓN (°C)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN (%)	ESPESOR DE LA CAPA RICA EN P (µm)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (N)		PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN A LA PLACA (5)	
	Sn	Bi	Cu	Ni	P					Ge	ELECTRODO DE CU		ELECTRODO DE Ni/Au NO ELECTROLÍTICO
EJEMPLO COMPARATIVO 4	resto	30	0,5	0,03	0	0	187,4	77,3	62,3	0,012	3,12	2,65	0
EJEMPLO COMPARATIVO 5	resto	60	0,5	0,03	0	0	148,7	63,9	54,3	0,011	3,22	2,46	0
EJEMPLO COMPARATIVO 6	resto	40	0,2	0,03	0	0	173,8	75,9	77,6	0,032	2,98	2,21	19
EJEMPLO COMPARATIVO 7	resto	40	1,1	0	0	0	207,9	77,1	61,4	0,010	2,88	2,48	0
EJEMPLO COMPARATIVO 8	resto	40	1,1	0,03	0	0	233,7	77,3	53,9	0,010	3,26	2,58	0
EJEMPLO COMPARATIVO 9	resto	40	0,5	0,004	0	0	173,2	76,1	79,3	0,013	2,62	2,62	0
EJEMPLO COMPARATIVO 10	resto	40	0,5	0,07	0	0	174,3	75,3	55,7	0,012	3,28	2,71	0

Como se muestra en la Tabla 1, en las realizaciones 1 a 33, todas las realizaciones indicaron un resultado tal que los puntos de fusión de las mismas eran 185 grados C o menos; las resistencias a la tracción de las mismas fueron de 70 MPa o más; las elongaciones de las mismas fueron del 65 % o más; los espesores de sus capas ricas en P fueron de 0,014  $\mu\text{m}$ ; las resistencias al cizallamiento de las uniones de soldadura formadas mediante el uso de los electrodos de Cu fueron 3,00 N o más; las resistencias al cizallamiento de las uniones de soldadura formadas mediante el uso de electrodos de Ni/Au no electrolítico fueron de 2,60 N o más; y los porcentajes de exposición de la placa fueron del 0 %.

Los ejemplos 1 a 21 son ejemplos comparativos ya que no contienen P y/o Ge.

Por otra parte, el ejemplo de comparación 1, que era una aleación de soldadura Sn-58Bi y no contenía Cu y Ni, indicaba que el espesor de la capa rica en P era grueso; las resistencias al cizallamiento en los electrodos de Cu y los electrodos de Ni/Au no electrolítico se deterioraron gravemente; y el porcentaje de exposición de la placa también fue alto.

Tanto el ejemplo de comparación 2 que no contenía Ni como el ejemplo de comparación 3 que no contenía Cu indicaron que los espesores de la capa rica en P eran gruesos; y las resistencias al cizallamiento en los electrodos de Cu y los electrodos de Ni/Au no electrolítico se deterioraron gravemente. En particular, el ejemplo de comparación 3 que no contenía Cu indicó el alto porcentaje de exposición de la placa.

Dado que el ejemplo de comparación 4 que contenía menos cantidad de Bi indicaba el alto punto de fusión y menos elongación, se certificó que se había producido alguna deformación en el sustrato. El ejemplo de comparación 5 que contenía mucha cantidad de Bi indicó que la aleación era inferior en la resistencia a la tracción y la elongación de la misma. Además, indicó que la resistencia al corte en el electrodo de Ni/Au no electrolítico era inferior y la elongación de la aleación de soldadura era inferior.

El ejemplo de comparación 6 que contenía menos cantidad de Cu indicó que la resistencia al cizallamiento en el electrodo de Ni/Au no electrolítico era inferior, el espesor de la capa rica en P era grueso y el porcentaje de exposición de la placa era alto. El ejemplo de comparación 7 que no contenía Ni y contenía mucha cantidad de Cu y el ejemplo de comparación 8 que contenía gran cantidad de Cu indicaron que estas aleaciones tenían altos puntos de fusión eran inferiores y en la elongación en las resistencias al cizallamiento en el electrodo de Ni/Au no electrolítico eran inferiores.

El ejemplo de comparación 9, que contenía menos cantidad de Ni, indicó que la resistencia al cizallamiento en el electrodo de Cu era inferior. El ejemplo de comparación 10 que contenía mucha cantidad de Ni indicó que la aleación era severamente inferior en la elongación de la misma.

La FIG. 1 es una fotografía por MEB que muestra una superficie de electrodo cortada después de que el electrodo de Ni/Au no electrolítico se suelde utilizando una aleación de soldadura Sn-58Bi y la porción unida de la soldadura se corta y se retira. En todos los ejemplos de comparación 1, 3, 5 y 6, la capa de revestimiento chapado de Ni se expuso como se muestra en la FIG. 1. Es posible que esto se deba a que la capa rica en P crece y la separación se produce en una interfaz entre la capa rica en P y la capa de revestimiento chapado de Ni/Au no electrolítico.

Las FIGS. 2(a) y 2(b) son fotografías por MEB en sección, cada una de las cuales muestra una vecindad de una interfaz entre la porción unida a la soldadura y el electrodo dentro de una junta de soldadura cuando la junta de soldadura se forma soldando el electrodo de Ni/Au no electrolítico. Las FIGS. 2(c) y 2(d) son fotografías por MEB en sección, cada una de las cuales muestra una vecindad de una interfaz entre la porción unida a la soldadura y el electrodo dentro de una junta de soldadura cuando la junta de soldadura se forma soldando el electrodo de Cu en el cual se ha realizado el revestimiento chapado de Ni/Pd/Au no electrolítico. Quedó claro de las FIGS. 2(a) y 2(c) que, dado que la aleación de soldadura Sn-58Bi (del ejemplo de comparación 1: la resistencia al cizallamiento en el electrodo de Ni/Au no electrolítico era de 2,01 N) no contenía Cu, la capa rica en P creció. Por otra parte, quedó claro a partir de las FIGS. 2(b) y 2(d) que, dado que la aleación de soldadura Sn-40Bi-0.5Cu-0.03Ni según esta invención (de la realización 7: la resistencia al cizallamiento en el electrodo de Ni/Au no electrolítico era de 2,85 N) contenía cantidades predeterminadas de Cu y Ni, esto suprime el crecimiento de la capa rica en P, por lo que no se puede confirmar ninguna capa rica en P a partir de estas fotografías. Así, a partir de las FIGS. 2, se entiende que la supresión del crecimiento en la capa rica en P permite mejorar considerablemente la resistencia al cizallamiento.

Basándose en los resultados de la Tabla 1, las relaciones entre los contenidos de Cu y Ni en las aleaciones de soldadura y el electrodo de Cu, el electrodo de Ni/Au no electrolítico y la elongación se muestran en las FIGS. 3 a 8. En las FIGS. 3 a 5, se han utilizado los resultados de las realizaciones 6 a 9 y los ejemplos de comparación 3, 6 y 7 en los que las aleaciones de soldadura contienen 40 % de Bi y 0,03 % de Ni. En las FIGS. 6 a 8, se han utilizado los resultados de las realizaciones 7, 10 y 11 y los ejemplos de comparación 2, 8 y 9 en los que las aleaciones de soldadura contienen 40 % de Bi y 0,5 % de Cu. La FIG. 3 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (en el electrodo de Cu) en la aleación de soldadura Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni. La FIG. 4 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (en el electrodo de Ni/Au no electrolítico) en la aleación de soldadura de Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni. La FIG. 5 es un gráfico

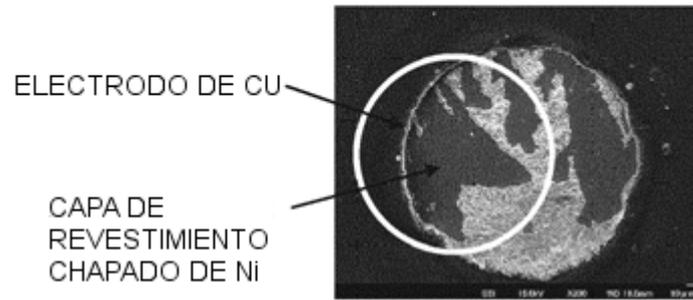
que muestra una relación entre el contenido de Cu y la elongación de la aleación en la aleación de soldadura Sn-40Bi-(0-1.1)Cu-0.03Ni. A partir de las FIGS. 3 a 5, queda claro que el intervalo de Cu que indica que la resistencia al cizallamiento del electrodo de Cu es 3,0 N o más, la resistencia al cizallamiento del electrodo de Ni es 2,6 N o más y la elongación es de 65 % o más es de 0,3 a 1,0 %.

5 La FIG. 6 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (en el electrodo de Cu) en la aleación de soldadura Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni. La FIG. 7 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la resistencia al cizallamiento (en el electrodo de Ni/Au no electrolítico) en la aleación de soldadura Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni. La FIG. 8 es un gráfico que muestra una relación entre el contenido de Cu y la elongación de la aleación en la aleación de soldadura Sn-40Bi-0.5Cu-(0-0.07)Ni. A partir de las FIGS. 6 a 10 8, queda claro que el intervalo de Ni que indica que la resistencia al cizallamiento del electrodo de Cu es de 3,0 N o más, la resistencia al cizallamiento del electrodo de Ni es de 2,6 N o más y la elongación es de 65 % o más es de 0,01 a 0,06 %.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una aleación de soldadura sin plomo para unir un electrodo de Cu que contiene una capa de revestimiento chapado de Ni, teniendo la aleación de soldadura una composición de aleación que consiste en 31 a 59 % en masa de Bi, 0,3 a 1,0 % en masa de Cu, 0,01 a 0,06 % en masa de Ni, y al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en 0,001 a 0,07 % en masa de P y 0,001 a 0,03 % en masa de Ge, y un resto de Sn en el que la aleación de soldadura tiene un punto de fusión de 185 grados C o menos, una resistencia a la tracción de 70 MPa o más y una elongación del 65 % o más.
- 10 2. La aleación de soldadura sin plomo según la reivindicación 1, que consiste en 31 a 59 % en masa de Bi, 0,3 a 1,0 % en masa de Cu, 0,01 a 0,06 % en masa de Ni, y al menos un elemento seleccionado entre el grupo que consiste en P y Ge en un total de 0,003 a 0,05 % en masa, y un resto de Sn.
- 15 3. Una junta de soldadura formada en un electrodo de Cu que tiene una capa de revestimiento chapado de Ni utilizando la aleación de soldadura sin plomo según la reivindicación 1 o 2.
4. La junta de soldadura según la reivindicación 3, que comprende además una capa rica en P formada en una interfaz entre la aleación de soldadura sin plomo y la capa de revestimiento chapado de Ni.
- 20 5. Un sustrato que tiene un espesor de 5 mm o menos y varios electrodos de Cu, cada uno de los cuales tiene una capa de revestimiento chapado de Ni, en el que cada uno de los electrodos de Cu incluye una junta de soldadura formada utilizando la aleación de soldadura sin plomo según la reivindicación 1 o 2.
- 25 6. El sustrato según la reivindicación 5, en el que la capa de revestimiento chapado de Ni contiene P.

**FIG. 1**



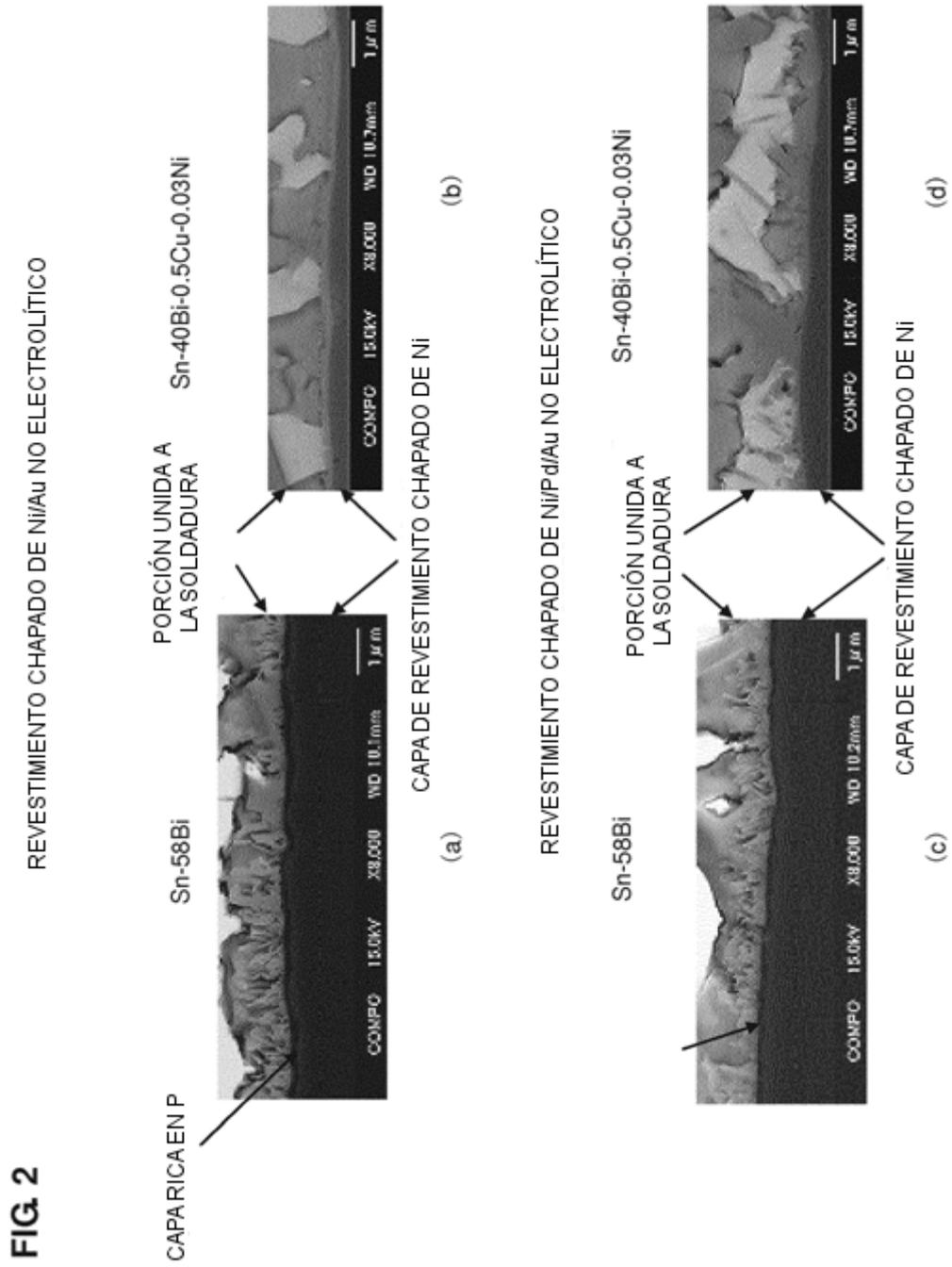


FIG. 3

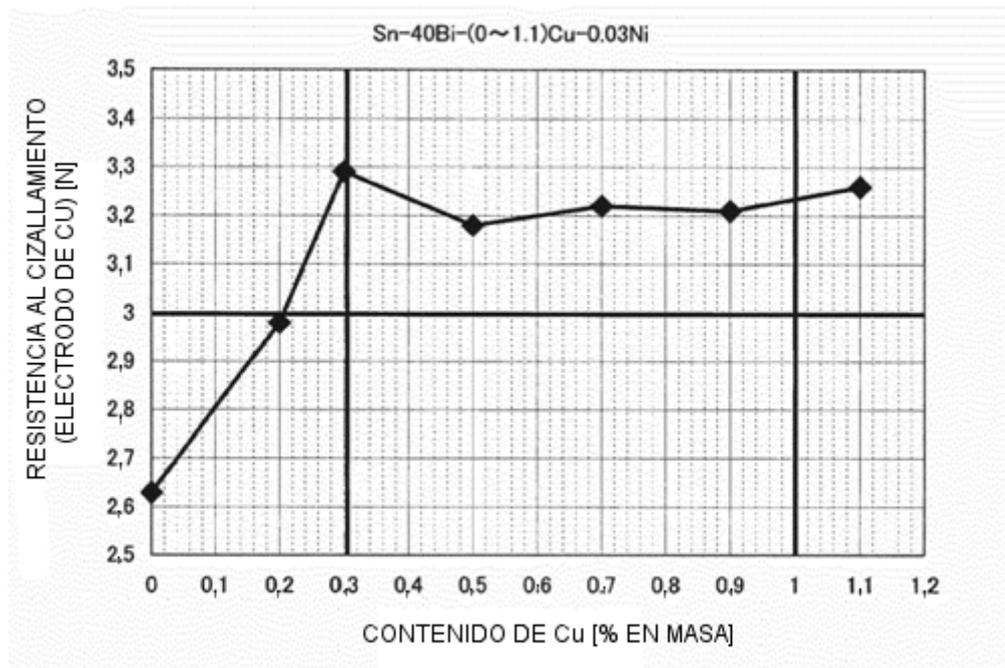


FIG. 4

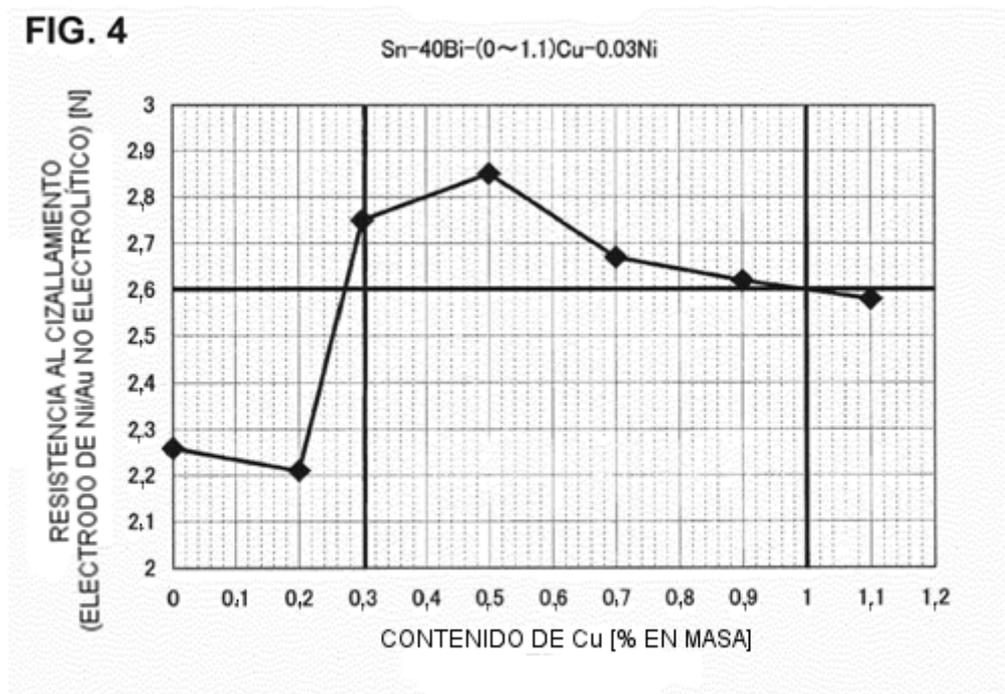


FIG. 5

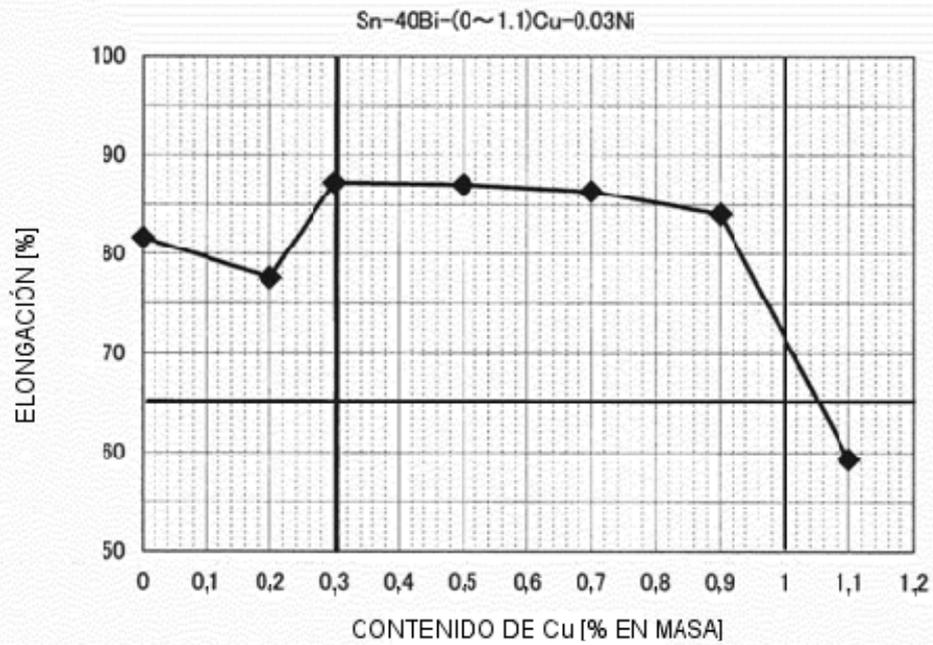


FIG. 6

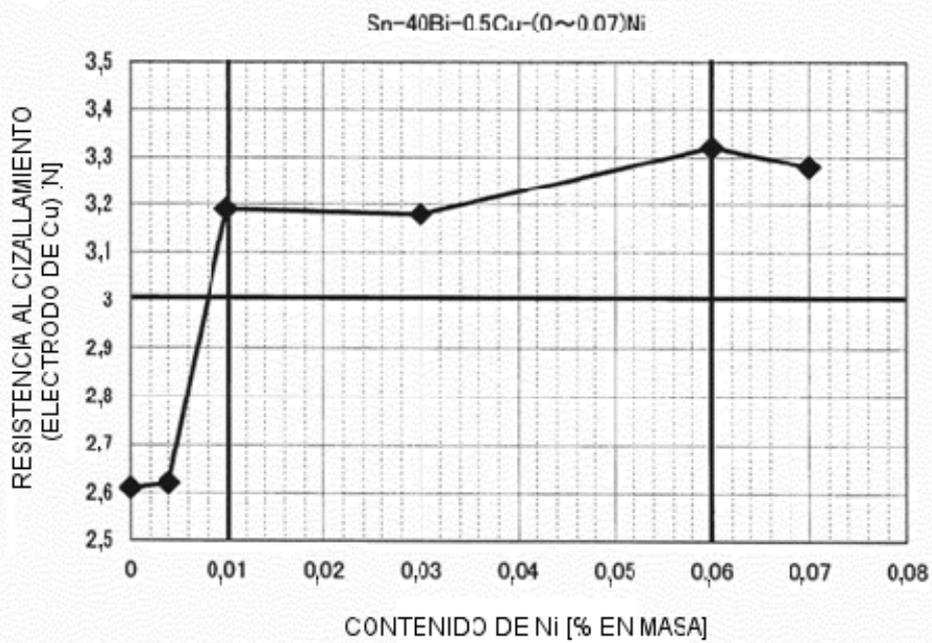


FIG. 7

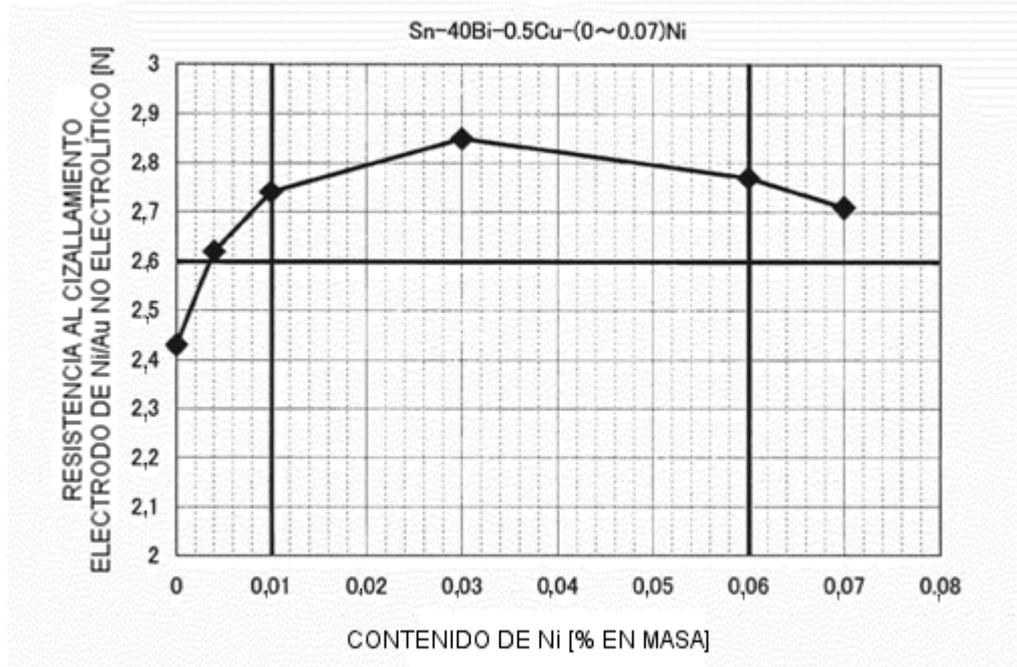


FIG. 8

