



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I844972 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：111137230

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 30 日

(51)Int. Cl. : **B23K35/22 (2006.01)****B23K35/26 (2006.01)****C22C13/02 (2006.01)**

(30)優先權：2021/09/30 日本

2021-161531

(71)申請人：日商千住金屬工業股份有限公司(日本) SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.

(JP)

日本

(72)發明人：橫山貴大 YOKOYAMA, TAKAHIRO (JP)；齋藤岳 SAITO, TAKASHI (JP)；吉川

俊策 YOSHIKAWA, SHUNSAKU (JP)；杉澤昂太 SUGISAWA, KOTA (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201408787A

CN 103341699A

CN 105377503A

CN 105431253A

CN 112638574A

JP 2018-122324A

WO 2021/043437A1

審查人員：張耀文

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：1 共 24 頁

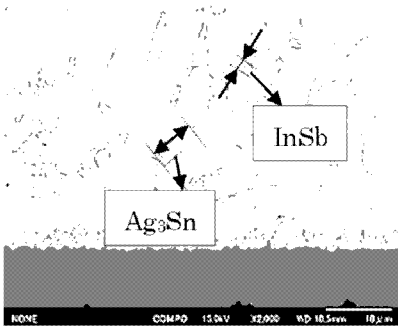
(54)名稱

焊料合金、焊錫球、預成型錫片、焊錫膏、及焊接點

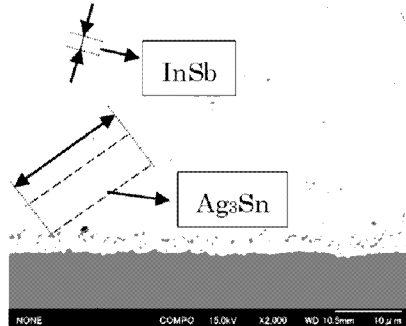
(57)摘要

本發明提供一種藉由潤濕性優異、抑制焊接點的斷裂，而具備高可靠性之焊料合金及焊接點。焊料合金以質量%計，具有 Ag：1.0~3.7%、Cu：0.4~0.8%、Sb：0.50~2.90%、In：5.00~10.00%、Ni：0.01~0.06%及剩餘部分為 Sn 所構成之合金組成。

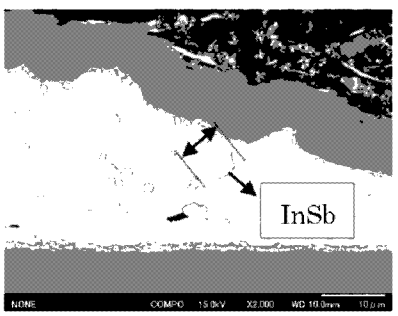
指定代表圖：



(a)



(b)



(c)

【圖 1】



I844972

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

焊料合金、焊錫球、預成型錫片、焊錫膏、及焊接點

### 【中文】

本發明提供一種藉由潤濕性優異、抑制焊接點的斷裂，而具備高可靠性之焊料合金及焊接點。焊料合金以質量%計，具有 Ag：1.0~3.7%、Cu：0.4~0.8%、Sb：0.50~2.90%、In：5.00~10.00%、Ni：0.01~0.06%及剩餘部分為 Sn 所構成之合金組成。

【指定代表圖】 1(a)

【代表圖之符號簡單說明】 無

【特徵化學式】 無

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

焊料合金、焊錫球、預成型錫片、焊錫膏、及焊接點

## 【技術領域】

【0001】本發明關於用於各種電子機器的焊料合金、焊錫球、預成型錫片、焊錫膏及焊接點。

## 【先前技術】

【0002】近年來，隨著個人電腦等民生電子機器的高機能化，搭載於基板的電子零件之性能係顯著提升。由於隨著電子零件變高性能而大電流通電於電子零件，故民生電子機器之基板所用的焊接點會暴露於高溫下。又，於基板與電子零件藉由分步焊接之焊接而接合之情況中，焊接點暴露於 $150^{\circ}\text{C}$ 左右之高溫下。另一方面，容易設想民生電子機器在寒冷地區中被使用。

【0003】作為焊接點暴露於嚴酷環境下之用途，除了民生電子零件之外，還可舉出車載電子機器或產業電子機器。汽車係往汽車電子化進展，正在從汽油車經過混合動力車轉移到電動汽車。伴隨其，車載電子機器的基板係因用途擴大而會配置在暴露於引擎室等高溫下的部位。另一方面，於引擎停止時，若為寒冷地區則暴露於 $-40^{\circ}\text{C}$ 以下的低溫下。再者，取決於使用環境，有衝擊等物理的外力施加於電子機器者。

【0004】又，產業電子機器對作業者來說為在作業困難的場所等中被使用。因此，產業電子機器的基板係與車載電子機器的基板同樣地，設想暴露於冷暖差激烈的環境中或外力施加於電子機器者。

【0005】可是，作為連接基板與電子零件的合金，廣泛使用Sn-3Ag-0.5Cu焊料合金。焊料合金的適用範圍係正在擴大，但伴隨其，如以車載等用途為代表，要求即使在嚴酷環境下長期間使用，也在焊接點不發生斷裂或劣化的高連接可靠性。

【0006】然而，若電子電路暴露於如上述的冷暖差中，則因電子零件與印刷基板的熱膨脹係數之差異，而應力集中於焊接點。又，當外力施加於電子機器時，應力集中於剖面積小的焊接點。因此，若使用以往的Sn-3Ag-0.5Cu焊料合金，則有焊接點斷裂之掛慮，要求能抑制其的焊料合金。

【0007】例如專利文獻1中揭示：作為抑制在基板的通孔形成有倒角(fillet)時的掀離(lift-off)，熔融焊料的潤濕擴展性優異，且冷熱循環所致的龜裂進展度低之焊料合金，於Sn-Ag-Cu-Sb-In焊料合金中可含有Ni等作為任意元素之合金組成。於同文獻的比較例6中，揭示Ag：3.5質量%、Cu：0.8質量%、Sb：1.0質量%、In：6.0質量%、Ni：0.07質量%及剩餘部分為Sn之焊料合金。

【0008】專利文獻2中揭示：作為金屬間化合物的組織小、耐龜裂性優異，抑制空隙及Cu蝕，同時藉由抑制冷

熱循環後的龜裂進展而耐久性優異之焊料合金，於 Sn-Ag-Bi-Ni-Co 系焊料合金中，可含有 Sb、In 等作為任意元素之合金組成。於同文獻的實施例 40 中，揭示 Ag：3.0 質量 %、Cu：0.5 質量 %、Sb：1.5 質量 %、In：4.3 質量 %、Ni：0.05 質量 %、Bi：0.5 質量 %、Co：0.005 質量 % 及剩餘部分為 Sn 之焊料合金。

**[先前技術文獻]**

**[專利文獻]**

**【0009】**

專利文獻 1：日本特開 2019-063830 號公報

專利文獻 2：日本特開 2014-037005 號公報

**【發明內容】**

**發明所欲解決的課題**

**【0010】** 然而，專利文獻 1 及 2 中記載之焊料合金係如前述，進行主要著眼於熱循環特性之合金設計。若電子機器暴露於熱循環中，則因基板與電子零件的熱膨脹係數之差異而應力施加於焊接點。另一方面，當振動施加於車載電子電路時，其應力施加者被認為是與熱循環時所發生的印刷基板或電子零件的伸縮之應力不同。如此地，由於近年的電子機器之高機能化或用途的擴大所致的使用環境之惡劣化，為了即使各種的應力施加於焊接點，也避免焊接點之斷裂，必須提高焊料合金本身的強度。

**【0011】** 又，焊接點的斷裂係除了構成焊接點的焊料

合金之斷裂之外，還可舉出焊料合金的潤濕性變差而發生的接合界面之斷裂。如此地，為了形成比以往更可靠性高的焊接點，必須再檢討眾所周知的合金組成。

【0012】本發明之課題在於提供一種藉由潤濕性優異、抑制焊接點的斷裂，而具備高可靠性之焊料合金、焊錫球、預成型錫片、焊錫膏及焊接點。

### 解決課題的手段

【0013】本發明者們係對於Sn-Ag-Cu焊料合金，檢討能緩和各種的應力之合金組成。以往，冷熱循環時體積變化大的焊料合金，被認為因與基板的線膨脹係數之差而焊接點斷裂。然而，若體積變化小，則所施加的應力係作為應變能蓄積於焊料合金中，反而有促進斷裂之虞。

【0014】首先，為了緩和冷熱循環之加熱時所施加的應力，特意著眼於焊料合金之體積變化發生的In。In由於對應含量而促進 $\beta$ Sn與 $\gamma$ Sn的固相變態，故發生固相變態所致的體積變化。因此，本發明者們對於如專利文獻1中記載，增多In含量之焊料合金，進行檢討。

【0015】惟，若體積變化大，則焊接點係在接合界面斷裂。因此，本發明者們，係從熔融焊料的潤濕性以及焊料合金中的合金組織及接合界面的合金組織之微細化的觀點來看，對於Cu、Sb及Ni之含量，詳細地進行檢討。再者，本發明者們著眼於在冷熱循環時焊接點的溫度上升時，若馬上發生從 $\beta$ Sn到 $\gamma$ Sn的固相變態，則迅速地緩和應

力，且對於Ag之含量亦詳細地檢討。結果，得知於添加元素的Ag、Cu、Sb、In及Ni之含量同時在特定範圍內之焊料合金中，潤濕性優異，抑制焊接點的斷裂，而完成本發明。

【0016】由此等之知識見解所得之本發明係如以下。

(1)一種焊料合金，其特徵為以質量%計，具有Ag：1.0~3.7%、Cu：0.4~0.8%、Sb：0.50~2.90%、In：5.00~10.00%、Ni：0.01~0.06%及剩餘部分為Sn所構成之合金組成。

【0017】(2)如上述(1)記載之焊料合金，其進一步以質量%計，含有Co：0.100%以下。

【0018】(3)如上述(1)或上述(2)記載之焊料合金，其進一步以質量%計，含有Bi：5.0%以下。

【0019】(4)如上述(1)~上述(3)中任一項記載之焊料合金，其進一步以質量%計，合計含有0.1%以下的Zr、Fe、Ge、Ga、P、As、Pb、Zn、Mg、Cr、Ti、Mn、Mo、Pt、Pd、Au、Al及Si之至少1種。

【0020】(5)如上述(1)~上述(5)中任一項記載之焊料合金，其中合金組成滿足下述(1)式及(2)式：

$$132 \leq (In/Sb) \times (Sn/Ag) \leq 450 \quad (1)$$

$$251 \leq In / (Cu \times Sb \times Ni) \leq 699 \quad (2)$$

上述(1)式及(2)式中，In、Sb、Sn、Ag、Cu及Ni表示合金組成之含量(質量%)。

【0021】(6)一種焊接點，其具有如上述(1)~上述(5)

中任一項記載之焊料合金。

【0022】(7)一種預成型錫片，其包含如上述(1)~上述(5)中任一項記載之焊料合金。

【0023】(8)一種焊錫膏，其具有包含如上述(1)~上述(5)中任一項記載之焊料合金的焊料粉末。

【0024】(9)一種焊接點，其具有如上述(1)~上述(5)中任一項記載之焊料合金。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0025】

[圖1]係焊料合金的剖面SEM照片，圖1(a)為實施例6，圖1(b)為比較例3，圖1(c)為比較例8。

### 【實施方式】

#### 實施發明的形態

【0026】以下更詳細說明本發明。於本說明書中，關於焊料合金組成之「%」，只要沒有特別指定則為「質量%」。

#### 【0027】

##### 1. 焊料合金

(1) Ag：1.0~3.7%

Ag係藉由降低 $\beta$ Sn相變態至 $\gamma$ Sn的溫度，而可在升溫時迅速地緩和應變能，抑制焊接點的斷裂。又，可形成 $Ag_3Sn$ 的網絡，提高焊料合金本身的強度。若Ag含量未達

1.0%，則從 $\beta\text{Sn}$ 到 $\gamma\text{Sn}$ 的相變態溫度不降低，不發生相變態，無法抑制焊接點的斷裂。又，不形成微細的 $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 之網絡，強度降低。Ag含量之下限為1.0%以上，更佳為1.5%以上，尤佳為2.0%以上。另一方面，若Ag含量超過3.7%，則會結晶析出粗大的 $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 之初晶，強度變差。Ag含量之上限為3.7%以下，較佳為3.0%以下，尤佳為2.3%以下。

### 【0028】

(2)Cu：0.4~0.8%

Cu係可藉由壓低液相線溫度而提高熔融焊料的潤濕性。Cu含量未達0.4%或超過0.8%時，液相線溫度會上升，接合溫度下的流動性降低，因此潤濕性變差。又，若Cu含量超過0.8%，則與Sn的化合物析出，在接合界面形成的金屬間化合物係變硬。Cu含量之下限為0.4%以上，較佳為0.5%以上。Cu含量之上限為0.8%以下，較佳為0.7%以下，更佳為0.6%以下。

### 【0029】

(3)Sb：0.50~2.90%

Sb若添加至含有特定量的In之焊料合金，則可結晶析出微細的InSb化合物，提高焊料合金本身的強度。又，Sb由於在包含室溫的使用溫度範圍中對Sn的固溶限度變化，故因溫度變化而重複從Sn到Sb的固溶與析出。又，Sb由於在高溫範圍中形成過飽和固溶體，故焊料合金係藉由固溶強化而整體(bulk)強度提升。伴隨其，液相線溫度降低，

因此潤濕性提升。

【0030】若Sb含量未達0.50%，無法謀求固溶強化及分散析出強化所造成的整體強度之提升。又，InSb化合物不變微細，整體強度不提升。Sb含量之下限為0.50%以上，較佳為0.70%以上，尤佳為1.00%以上。另一方面，若Sb含量超過2.90%，則因粗大的InSb化合物之結晶析出，而分散析出強化的持續性消失。Sb含量之上限為2.90%以下，較佳為2.50%以下，更佳為2.30%以下。

#### 【0031】

(4)In：5.00~10.00%

In若因溫度變化而達到變態點，則徐徐地使 $\beta$ Sn相變態至 $\gamma$ Sn，藉此而緩和應變能，可抑制焊接點的斷裂。以往認為在冷熱循環時的體積變化大時焊接點容易斷裂，本發明中特意以體積變化變大之方式調製合金組成，故相較於以往的焊料合金，可抑制焊接點的破損。若In含量未達5.0%，則不發生Sn相的固相變態。In含量之下限為5.0%以上，較佳為6.00%以上，更佳為7.50%以上。另一方面，若In含量超過10.00%，則液相線溫度過度下降，且不發生Sn相的固相變態。In含量之上限為10.00%以下，較佳為9.00%以下。

#### 【0032】

(5)Ni：0.01~0.06%

Ni係藉由在焊接後阻礙Cu向Sn之擴散，抑制析出於接合界面的金屬間化合物之成長，且抑制析出於接合界面的

金屬化合物之粗大化，而可謀求接合界面的強化。若Ni含量未達0.01%，則無法謀求接合界面的強化。Ni含量之下限為0.01%以上，較佳為0.02%以上，更佳為0.03%以上。另一方面，若Ni含量超過0.06%，則因液相線溫度上升而潤濕性降低。Ni含量之上限為0.06%以下，較佳為0.05%以下，更佳為0.04%以下。

### 【0033】

(6)剩餘部分：Sn

本發明之焊料合金的剩餘部分為Sn。除了前述元素之外，還可含有不可避免的雜質。即使用含有不可避的雜質時，也不影響前述效果。

### 【0034】

(7)Co：0.100%以下

Co係抑制金屬間化合物的成長，具有使合金組織微細的效果之任意元素。Co含量之上限較佳為0.100%以下，更佳為0.050%以下，尤佳為0.010%以下。Co含量之下限係沒有特別的限定，但從謀求合金組織的微細化之觀點來看，較佳為0.001%以上，更佳為0.003%以上，尤佳為0.005%以上，尤更佳為0.006%以上，特佳為0.007%以上，最佳為0.008%以上。

### 【0035】

(8)Bi：5.0%以下

Bi係固溶於Sn相，可提高焊料合金的強度之任意元素。又，若添加適量則焊料合金不脆化，可維持高強度。

Bi含量之上限較佳為5.0%以下，更佳為1.0%以下，尤佳為0.3%以下。Bi含量之下限係沒有特別的限定，但從充分地謀求固溶強化之觀點來看，只要0.1%以上即可。

### 【0036】

#### (9)其他任意元素

本發明之焊料合金係除了上述之外，還可合計含有0.1%以下之量的Zr、Fe、Ge、Ga、P、As、Pb、Zn、Mg、Cr、Ti、Mn、Mo、Pt、Pd、Au、Al、及Si之至少1種。此等元素即使為0.1%以下含有，也不析出粗大的化合物，可發揮本發明之上述效果。此等元素之含量合計較佳為0.1%以下，更佳為0.09%以下，尤佳為0.05%以下。關於各元素之含量，並沒有特別的限定，但較佳為0.0003~0.02%。於此等之中，Fe係與Ni同樣地，在焊接後阻礙Cu向Sn之擴散，抑制析出於接合界面的金屬間化合物之成長，且抑制析出於接合界面的金屬化合物之粗大化，而可謀求接合界面的強化。

### 【0037】

#### (10) (1)式、(2)式

$$132 \leq (\text{In}/\text{Sb}) \times (\text{Sn}/\text{Ag}) \leq 450 \quad (1)$$

$$251 \leq \text{In}/(\text{Cu} \times \text{Sb} \times \text{Ni}) \leq 699 \quad (2)$$

上述(1)式及(2)式中，In、Sb、Sn、Ag、Cu及Ni表示合金組成之含量(質量%)。

本發明之焊料合金較佳為滿足(1)式及(2)式。若滿足兩式則焊料合金本身的強度提升，同時因液相線溫度之適

當化而可謀求潤濕性的提升。

【0038】本發明之焊料合金若滿足(1)式，則 $Ag_3Sn$ 緻密地結晶析出，同時 $InSb$ 微細地結晶析出，而可謀求整體強度相乘地進一步提升。為了各金屬間化合物緻密且微細地結晶析出，宜平衡良好地含有各金屬間化合物的構成元素。又，藉由金屬間化合物的結晶析出量不偏向於任一方而進行分散，推測可抑制金屬間化合物的粗大化。(1)式之下限較佳為132以上，更佳為150以上，特佳為180以上。(1)之上限較佳為450以下，更佳為430以下，尤佳為410以下。

【0039】又，本發明之焊料合金若滿足(2)式，則可將液相線溫度調整至更適當的範圍。因此，若含量多則液相線溫度降低的 $In$ 及若含量多則液相線溫度上升的 $Cu$ 、 $Sb$ 及 $Ni$ 係保持均衡地被含有而較宜。特別地， $Cu$ 、 $Sb$ 及 $Ni$ 由於形成熔點比 $Sn$ 高的金屬間化合物，故為了謀求液相線溫度的適當化，宜與 $In$ 之含量一起來綜合地調整。(2)式之下限較佳為251以上，更佳為300以上，特佳為345以上。(2)式之上限較佳為699以下，更佳為600以下，尤佳為500以下。

【0040】本發明之焊料合金係如上述，為了謀求機械特性的提升，宜 $Ag_3Sn$ 緻密地結晶析出，同時 $InSb$ 微細地結晶析出。緻密或微細之評價一般係以平均結晶粒徑進行評價。然而，只要粗大的化合物存在1個，就有焊料合金的機械特性變差之可能性。因此，本發明中，著眼於此等

化合物的最大結晶粒徑，只要最大結晶粒徑小，就可評價為緻密、微細的組織。於  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  中，為了形成網絡，較佳為最適宜大小的粒徑，最大結晶粒徑較佳為  $5\sim 15\mu\text{m}$ ，更佳為  $5\sim 10\mu\text{m}$ ，也可超過  $10\mu\text{m}$  且為  $15\mu\text{m}$  以下。InSb 中，最大結晶粒徑較佳為  $7\mu\text{m}$  以下，更佳為  $5\mu\text{m}$  以下，尤佳為  $1.8\mu\text{m}$  以下。

#### 【0041】

#### 2. 焊錫球

本發明之焊料合金可作為焊錫球使用。本發明之焊錫球係用於形成 BGA(球柵陣列)等之半導體封裝的電極或基板之凸塊。本發明之焊錫球的直徑較佳為  $1\sim 1000\mu\text{m}$  之範圍內。焊錫球係可藉由一般的焊錫球之製造法來製造。

#### 【0042】

#### 3. 預成型錫片

本發明之預成型錫片之形狀係沒有特別的限定，可以板狀、環形狀、圓筒形狀、條帶(ribbon)形狀、方形狀、盤形狀、墊圈形狀、晶片形狀、線形狀等之形態使用。預成型錫片亦可在內容部含有熔點比焊料合金高，且容易潤濕熔融焊料之高熔點金屬粒(例如 Ni 粒或 Cu 粒及以 Ni 或 Cu 為主成分的合金粉)。

#### 【0043】

#### 4. 焊錫膏

本發明之焊料合金係可作為焊錫膏使用。焊錫膏係將焊料合金粉末與少量的助焊劑混合而成為膏狀者。本發明

之焊料合金係於藉由回焊法將電子零件安裝到印刷基板中，可作為焊錫膏利用。用於焊錫膏的助焊劑可為水溶性助焊劑與非水溶性助焊劑之任一者。典型上使用的松香基底的非水溶性助焊劑之松香系助焊劑。

#### 【0044】

### 5. 焊接點

本發明之焊接點係連接半導體封裝中的IC晶片與其基板(中介層)，或接合半導體封裝與印刷基板並連接。亦即，本發明之焊接點指電極的連接部，可使用一般的焊接條件來形成。

【0045】使用本發明之焊料合金的接合方法，例如只要使用回焊法的分步焊接等，依照常見方法進行即可。加熱溫度可按照晶片的耐熱性或焊料合金的液相線溫度而適宜調整。其他的接合條件可按照焊料合金的合金組成而適宜調整。

### 實施例

【0046】調製由表1及表2所示的合金組成所構成之焊料合金，測定液相線溫度作為評價1，評估 $Ag_3Sn$ 的緻密性作為評價2，評估 $InSb$ 的微細化作為評價3，評估 $Sn$ 相的固相變態作為評價4，評估接合界面的均勻微細化作為評價5。

#### 【0047】

- 評價1：液相線溫度

製作表 1 之各焊料合金，測定焊料合金的液相線溫度。液相線溫度係以與 JIS Z 3198-1 的固相線溫度之測定方法同樣的 DSC 之方法來實施。液相線溫度為 200~215℃ 時評估為「○」，超過 215℃ 時評估為「×」，低於 200℃ 時亦當作「×」。

#### 【0048】

- 評價 2、3：Ag<sub>3</sub>Sn 的緻密性、InSb 的微細化

於指定的模具中澆鑄入由表 1 所示的合金組成所構成之焊料合金，將所得之焊料合金以樹脂模造並研磨，用 FE-SEM，以 1000 倍之倍率拍攝焊料合金被研磨一半左右的部位。藉由剖面觀察及 EDS 的映射組成分析，評估 Ag<sub>3</sub>Sn 的緻密性及 InSb 的微細化。藉由映射組成分析來鑑定各個化合物，以目視選擇最大的結晶粒。對於該結晶粒，以間隔成為最大之方式畫出平行的 2 條切線，將其間隔當作最大結晶粒徑。Ag<sub>3</sub>Sn 的最大結晶粒徑為 5μm 以上 10μm 以下時當作「◎」，超過 10μm 且為 15μm 以下時當作「○」，未達 5μm 時及超過 15μm 時當作「×」。又，InSb 的最大結晶粒徑為 1.8μm 以下時當作「◎」，超過 1.8μm 且為 7μm 以下時當作「○」，超過 7μm 時當作「×」。

#### 【0049】

- 評價 4：Sn 相的固相變態

由表 1 所示的各焊料合金，調製 φ 0.6mm 的焊錫球。將該焊錫球，使用恆溫槽，在 -40℃ ⇔ 125℃ 條件的熱循環環境中暴露 200 循環，於 Sn 相的固相變態發生之環境下實

施評價。然後，評估從恆溫槽所取出的焊錫球之真球度。真球度係以 CNC 影像測定系統進行測定。裝置為 MITUTOYO 製的 ULTRA QUICK VISION、ULTRA QV350-PRO。若真球度未達 0.95 則評估為「◎」，若真球度為 0.95 以上且未達 0.99 則評估為「○」，若真球度為 0.99 以上則評估為「×」。

### 【0050】

- 評價 5：接合界面的均勻微細化

由表 1 所示的各焊料合金，調製  $\phi 0.6\text{mm}$  的焊錫球，將所調製的焊錫球搭載於 Cu 焊墊上後，在  $245^\circ\text{C}$  下進行回焊，製作焊接凸塊。從拍攝焊接凸塊與 Cu 焊墊的接合界面之剖面後的剖面 SEM 照片，測定金屬間化合物 (IMC) 之厚度，而評估接合界面的均勻微細化。於接合界面均勻地變微細之情況中，由於金屬間化合物層變薄，故於評價 5 中，以金屬間化合物之厚度來評估均勻微細化之評價。藉由影像解析軟體 (西華產業股份有限公司製：Scandium) 解析剖面 SEM 照片，計測金屬間化合物層之厚度。若金屬間化合物之厚度為  $1.5\mu\text{m}$  以下則評估為「◎」，若超過  $1.5\mu\text{m}$  且為  $2.5\mu\text{m}$  以下則評估為「○」，若超過  $2.5\mu\text{m}$  則評估為「×」。

表 1~3 中顯示評估結果。

### 【0051】

[表1]

	Sn	Ag	Cu	Sb	In	Ni	Bi	Co	其他	(1)式 (In/Sb) x (Sn/ Ag)	(2)式 In/(Cu x Sb x Ni)	評價1: 液相線 溫度	評價2: Ag <sub>3</sub> Sn的 緻密性	評價3: InSb的 微細化	評價4: Sn相的 固相變態	評價5: 接合界面 的均勻與 細化	綜合 評價
實施例 1	Bal.	1.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	-	796	450	○	○	◎	○	◎	○
實施例 2	Bal.	2.3	0.7	1.00	6.00	0.04	-	-	-	235	214	○	○	◎	○	◎	○
實施例 3	Bal.	3.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	-	259	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 4	Bal.	3.7	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	-	209	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 5	Bal.	2.3	0.4	1.00	6.00	0.04	-	-	-	235	375	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 6	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	-	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 7	Bal.	2.0	0.6	1.00	9.00	0.04	-	-	-	393	375	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 8	Bal.	2.0	0.8	1.00	9.00	0.04	-	-	-	392	281	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 9	Bal.	2.0	0.5	0.50	9.00	0.04	-	-	-	792	900	○	◎	○	◎	◎	○
實施例 10	Bal.	2.0	0.5	0.70	9.00	0.04	-	-	-	564	643	○	◎	○	◎	◎	○
實施例 11	Bal.	2.0	0.5	2.00	9.00	0.04	-	-	-	195	225	○	◎	○	◎	◎	○
實施例 12	Bal.	2.0	0.5	2.90	9.00	0.04	-	-	-	133	155	○	◎	○	◎	◎	○
實施例 13	Bal.	2.0	0.5	1.00	5.00	0.04	-	-	-	229	250	○	◎	○	◎	◎	○
實施例 14	Bal.	2.0	0.5	1.00	7.50	0.04	-	-	-	334	375	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 15	Bal.	2.0	0.5	1.00	10.00	0.04	-	-	-	432	500	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 16	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.01	-	-	-	394	1800	○	◎	◎	◎	○	○
實施例 17	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.02	-	-	-	394	900	○	◎	◎	◎	○	○
實施例 18	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.03	-	-	-	394	600	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 19	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.05	-	-	-	394	360	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 20	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.06	-	-	-	393	300	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 21	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	0.1	-	-	393	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 22	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	1.0	-	-	389	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 23	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	5.0	-	-	371	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 24	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.010	-	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 25	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.100	-	393	450	○	◎	◎	◎	◎	◎

【 0052 】

[表2]

	Sn	Ag	Cu	Sb	In	Ni	Bi	Co	其他	(1)式 (In/Sb) × (Sn/ Ag)	(2)式 In/(Cu× Sb×Ni)	評價1: 液相線 溫度	評價2: Ag <sub>3</sub> Sn 的 緻密性	評價3: InSb 的 微細化	評價4: Sn 相的 固相變態	評價5: 接合界面 的均與微 細化	綜合 評價
實施例 26	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.010	Fe:0.015	393	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 27	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.008	Fe:0.015	393	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 28	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.001	Fe:0.015	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 29	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	0.008	Fe:0.010	393	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 30	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Zr:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 31	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Fe:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 32	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Ge:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 33	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Ge:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 34	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	P:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 35	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	As:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 36	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Pb:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 37	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Zn:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 38	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Mg:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 39	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Cr:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 40	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Ti:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 41	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Mn:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 42	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Mo:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 43	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Pt:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 44	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Pd:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 45	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Au:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 46	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Al:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 47	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	Si:0.01	394	450	○	◎	◎	◎	◎	◎

【 0053 】

[表3]

	Sn	Ag	Cu	Sb	In	Ni	Bi	Co	其他	(1)式 (In/Sb) x (Sn/ Ag)	(2)式 In/(Cu x Sb x Ni)	評價1: 液相線 溫度	評價2: Ag <sub>3</sub> Sn的 緻密性	評價3: InSb的 微細化	評價4: Sn相的 固相變態	評價5: 接合界面 的均勻微 細化	綜合 評價
實施例 48	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.04	1.0	0.010	Zr:0.005,Fe:0.005,Ge:0.005,Ga:0.005,P:0.005,As:0.005,Pb:0.005,Zn:0.005,Mg:0.005,Cr:0.005,Ti:0.005,Mn:0.005,Mo:0.005,Pt:0.005,Pd:0.005,Au:0.005,Al:0.005,Si:0.005	389	450	○	◎	◎	◎	◎	◎
比較例 1	Bal.	0.5	0.5	2.00	-	0.04	3.0	-	-	-	-	○	x	-	x	○	x
比較例 2	Bal.	0.9	0.5	1.00	9.00	0.04	-	-	-	886	450	○	x	◎	○	○	x
比較例 3	Bal.	3.8	0.5	1.50	6.00	0.05	1.0	0.005	-	92	160	○	x	○	○	○	x
比較例 4	Bal.	2.0	0.3	1.00	9.00	0.04	-	-	-	394	750	x	○	◎	○	○	x
比較例 5	Bal.	2.0	0.9	1.00	9.00	0.04	-	-	-	392	250	x	○	◎	○	○	x
比較例 6	Bal.	1.0	0.9	1.25	5.70	-	1.5	-	-	409	-	x	○	○	○	x	x
比較例 7	Bal.	3.5	0.5	0.40	7.00	0.05	2.5	0.005	-	430	700	○	○	x	○	○	x
比較例 8	Bal.	3.0	0.7	3.00	6.00	0.03	3.2	0.008	-	56	95	○	○	x	○	○	x
比較例 9	Bal.	3.0	0.5	1.50	4.30	0.05	0.5	0.005	-	86	115	○	○	○	x	○	x
比較例 10	Bal.	2.0	0.5	1.00	10.50	0.04	-	-	-	451	525	x	○	○	x	○	x
比較例 11	Bal.	3.5	0.5	-	11.00	0.05	-	0.005	-	-	-	x	○	-	x	○	x
比較例 12	Bal.	3.5	0.5	-	7.00	0.001	2.5	0.005	-	-	-	○	○	-	○	x	x
比較例 13	Bal.	2.0	0.5	1.00	9.00	0.005	1.0	-	-	389	3600	○	○	◎	○	x	x
比較例 14	Bal.	3.5	0.8	1.00	6.00	0.07	-	-	-	152	107	x	○	○	○	○	x

\*底線表示本發明之範圍外。

【0054】如由表1~3可明知，實施例1~48由於構成元素皆適當，故液相線溫度顯示指定範圍內之溫度。又， $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 為緻密且 $\text{InSb}$ 為微細，確認從 $\beta\text{Sn}$ 到 $\gamma\text{Sn}$ 的固相變態，接合界面的組織係均勻地變微細。特別地，滿足(1)式及(2)式之實施例3~8、14、15及18~48，確認全部的評價顯示優異的結果。

【0055】另一方面，比較例1由於 $\text{Ag}$ 含量少且不含 $\text{In}$ ，故在整體強度提升的程度上 $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 不變緻密，且無法確認 $\text{Sn}$ 相的固相變態。

比較例2及3由於 $\text{Ag}$ 含量不適當，故在整體強度提升的程度上 $\text{Ag}_3\text{Sn}$ 不變緻密。

【0056】比較例4~6由於 $\text{Cu}$ 含量不適當，故不成為顯示優異的潤濕性之液相線溫度。

比較例7及8由於 $\text{Sb}$ 含量不適當，故在整體強度提升的程度上 $\text{InSb}$ 不變微細。

【0057】比較例9~11由於 $\text{In}$ 含量不適當，故無法確認 $\text{Sn}$ 相的固相變態。又，比較例11由於不含 $\text{Sb}$ ，故 $\text{InSb}$ 化合物不被析出。

比較例12及13由於 $\text{Ni}$ 含量少，故無法確認接合界面的均勻微細化。又，比較例12由於不含 $\text{Sb}$ ，故 $\text{InSb}$ 化合物不被析出。

比較例14由於 $\text{Ni}$ 含量多，故不成為顯示優異的潤濕性之液相線溫度。

【0058】使用圖式來說明該等之結果。圖1係焊料合

金的剖面 SEM 照片，圖 1(a) 為實施例 6，圖 1(b) 為比較例 3，圖 1(c) 為比較例 8。圖 1(b) 所示的  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  係測定虛線所包圍的部分之結晶粒徑。如由圖 1 可明知，實施例 6 中  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  為  $10\mu\text{m}$  以下而緻密地結晶析出，同時  $\text{InSb}$  係微細地結晶析出。又，析出至接合界面的金屬間化合物係均勻且微細，因此亦可知為薄的。另一方面，可知比較例 3 係  $\text{Ag}_3\text{Sn}$  粗大。又，可知比較例 8 係  $\text{InSb}$  粗大。

## 【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種焊料合金，其特徵為以質量%計，僅由具有 Ag：1.0~3.7%、Cu：0.4~0.8%、Sb：0.50~2.90%、In：5.00~10.00%、Ni：0.01~0.06%，Co：0.100%以下，且合計含有 0.1% 以下的 Zr、Fe、Ge、Ga、P、As、Pb、Zn、Mg、Cr、Ti、Mn、Mo、Pt、Pd、Au、Al 及 Si 之至少 1 種及剩餘部分為 Sn 所構成。

【請求項 2】如請求項 1 之焊料合金，其中前述焊料合金滿足下述 (1) 式及 (2) 式：

$$132 \leq (In/Sb) \times (Sn/Ag) \leq 450 \quad (1)$$

$$251 \leq In / (Cu \times Sb \times Ni) \leq 699 \quad (2)$$

上述 (1) 式及 (2) 式中，In、Sb、Sn、Ag、Cu 及 Ni 表示前述焊料合金之含量(質量%)。

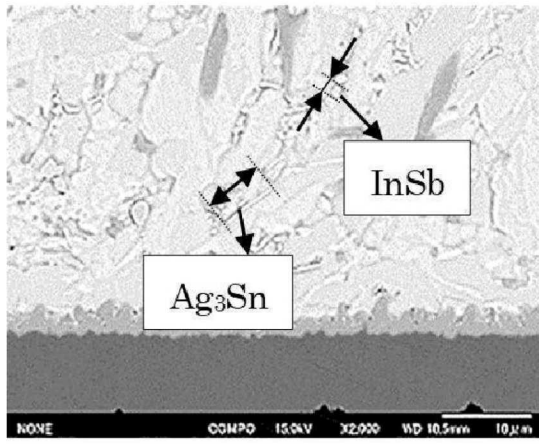
【請求項 3】一種焊錫球，其係由如請求項 1 或 2 之焊料合金所構成。

【請求項 4】一種預成型錫片，其係由如請求項 1 或 2 之焊料合金所構成。

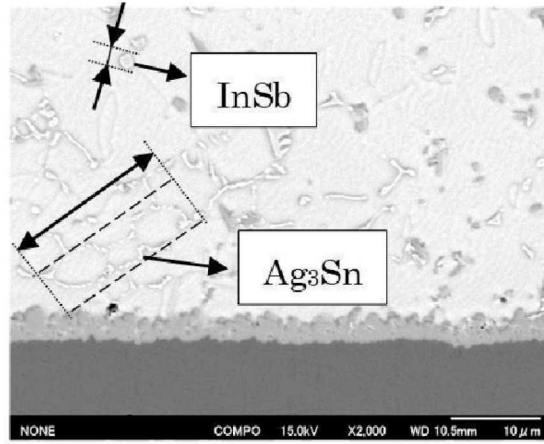
【請求項 5】一種焊錫膏，其具有由如請求項 1 或 2 之焊料合金所構成的焊料粉末。

【請求項 6】一種焊接點，其具有如請求項 1 或 2 之焊料合金。

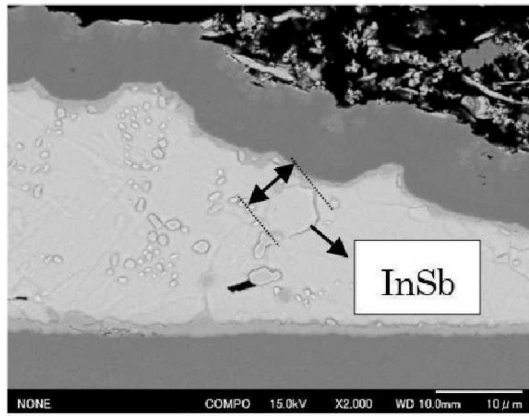
【發明圖式】



(a)



(b)



(c)

【圖 1】