



(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 I874093 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：113101178

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 11 日

(51)Int. Cl. : **B23K35/22 (2006.01)****B23K35/26 (2006.01)****C22C13/00 (2006.01)****C22C13/02 (2006.01)****H05K3/34 (2006.01)**

(30)優先權：2023/01/12 日本

2023-002971

(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)；吉川俊策 YOSHIKAWA, SHUNSAKU

(JP)；飯島裕貴 IIJIMA, YUKI (JP)；出井寬大 DEI, KANTA (JP)；松藤貴大

MATSUFUJI, TAKAHIRO (JP)；杉澤昂太 SUGISAWA, KOTA (JP)；鈴木滋人

SUZUKI, SHIGETO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201816136A

TW 202111134A

TW 202142347A

TW 202204079A

JP 2019-104029A

審查人員：黃繪禎

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：2 共 33 頁

(54)名稱

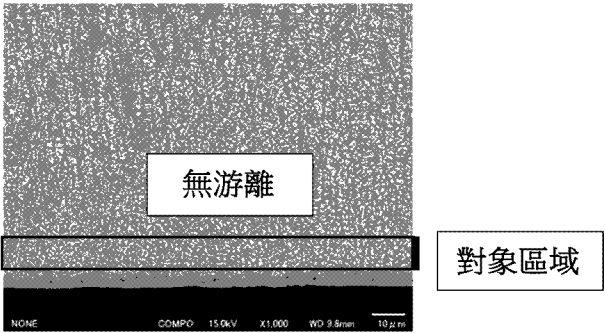
焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、車載電子電路、E C U 電子電路、車載電子電路裝置及 E C U 電子電路裝置

(57)摘要

本發明之課題為提供液相線溫度與固相線溫度為規定的溫度範圍內、導熱性優異、耐熱循環性優異的焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、車載電子電路、ECU 電子電路、車載電子電路裝置和 ECU 電子電路裝置。

本發明之解決手段為焊料合金具有如下合金組成：以質量%計為 Ag：3.0~3.8%、Cu：0.1~1.0%、Bi：超過 0%且為 0.9%以下、Sb：1.0~7.9%、Fe：0.020~0.040%、Co：0.001~0.020%、且餘量由 Sn 組成。優選焊料合金還含有以質量%計總計為 0.1%以下的 Ge、Ga、As、Pd、Mn、In、Zn、Zr 和 Mg 中的至少 1 種。

指定代表圖：



【圖 1】



I874093

【發明摘要】

【中文發明名稱】

焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、
車載電子電路、E C U 電子電路、車載電子電路裝置
及 E C U 電子電路裝置

【中文】

本發明之課題為提供液相線溫度與固相線溫度為規定的溫度範圍內、導熱性優異、耐熱循環性優異的焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、車載電子電路、ECU電子電路、車載電子電路裝置和ECU電子電路裝置。

本發明之解決手段為焊料合金具有如下合金組成：以質量%計為Ag：3.0~3.8%、Cu：0.1~1.0%、Bi：超過0%且為0.9%以下、Sb：1.0~7.9%、Fe：0.020~0.040%、Co：0.001~0.020%、且餘量由Sn組成。優選焊料合金還含有以質量%計總計為0.1%以下的Ge、Ga、As、Pd、Mn、In、Zn、Zr和Mg中的至少1種。

【指定代表圖】圖 1

【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、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、
車載電子電路、E C U 電子電路、車載電子電路裝置
及 E C U 電子電路裝置

【技術領域】

【0001】本發明係關於焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、車載電子電路、ECU電子電路、車載電子電路裝置及ECU電子電路裝置。

【先前技術】

【0002】汽車上搭載有在以電的方式控制發動機、動力轉向、制動器等設備中使用的車載電子電路。車載電子電路對於汽車的行進來說成為非常重要的安全部件。特別是，為了改善燃料效率而由電腦來控制車的電子電路的被稱為ECU(Engine Control Unit，發動機控制單元)的車載電子電路必須能夠以歷經長時間而無故障且穩定的狀態運行。該ECU通常大多設置於發動機附近，作為使用環境，成為相當嚴苛的條件。

【0003】設置有這種車載電子電路的發動機附近在發動機轉動時會成為125℃以上這樣非常高的溫度。另一方面，在停止發動機的轉動時，對於發動機附近而言，在外界氣體溫度為例如北美、西伯利亞等寒冷地區時，冬季會

成為 -40°C 以下這樣的低溫。因此，車載電子電路因為重複發動機的運轉和發動機停止而會被暴露於至少 -40°C ~ $+125^{\circ}\text{C}$ 這樣的熱循環環境中。

【0004】車載電子電路是電子部件焊接於印刷電路板而得到的電子電路。電子部件的線熱膨脹係數與印刷電路板的線熱膨脹係數截然不同。於是，如果車載電子電路被暴露於熱循環環境中，則電子部件和印刷電路板會分別重複熱膨脹/收縮。由於該重複，在將電子部件與印刷電路板接合的焊接部(以下，稱為「焊料接頭」)處會重複產生一定的熱位移。因此，在熱循環環境下，會對焊料接頭持續施加應力，焊料接頭最終會破損。

【0005】即便是在焊料接頭沒有完全破損的情況下，部分地破損時，電子電路的電阻值也會上升，可能成為誤操作的原因。搭載於汽車的ECU的誤操作可能導致重大的事故。如此，為了避免ECU的誤操作，耐熱循環性的改善是特別重要的。

【0006】因此，例如，作為具備高耐熱循環性的焊料合金，專利文獻1中公開了一種Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Co-Fe焊料合金。該焊料合金除耐熱循環性之外聲音品質(acoustic quality)也優異。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0007】

專利文獻1：日本專利第6889387號公報

【發明內容】**[發明所欲解決之課題]**

【0008】專利文獻1中，為了抑制在接合界面析出的化合物在焊料合金中游離，公開了不含有Ni的合金組成。此處，專利文獻1中記載的焊料合金藉由將從-55℃至150℃的熱循環重複3000次的熱循環試驗來評價耐熱循環性。然而，隨著耐熱循環性的過高規格，作為焊料接頭所需的導熱性不能劣化。

【0009】近年來，電子部件的小型化推進，由於高性能化而通電有大電流。從抑制電子部件的誤操作的觀點出發，電子部件的散熱對於電子電路來說成為大的問題。作為電子部件的散熱手段，可以舉出安裝散熱器等方案等。但是，如果焊料接頭的導熱性改善，則不設置大的散熱器即可以預見到電子電路的散熱性。散熱器的尺寸如果減小，則例如將車載電子電路搭載於汽車時，車載電子電路的搭載的自由度得到改善。進而，即便焊料合金的導熱性得到改善，如果熔融焊料的潤濕性差，則原本焊料接頭的散熱性就會變差，因此，還需要高的潤濕性。

【0010】如此，對於焊料接頭，除耐熱循環性之外，還期望近年來逐漸成為問題的導熱性的改善。專利文獻1中記載的焊料合金雖然聲音品質優異，但是為了潤濕性優異、改善對於焊料接頭來說所需特性的導熱性，需要進一步的研究。

【0011】因此，本發明的課題在於提供液相線溫度與固相線溫度為規定的溫度範圍內、潤濕性和導熱性優異、耐熱循環性優異的焊料合金、焊膏、焊球、焊料預成型體、焊料接頭、車載電子電路、ECU電子電路、車載電子電路裝置和ECU電子電路裝置。

[用以解決課題之手段]

【0012】本發明人等在專利文獻1所公開的Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Fe-Co焊料合金中，研究了在耐熱循環性的基礎上還改善導熱性的組成。為了兼顧耐熱循環性與導熱性，關注到了在專利文獻1所記載的焊料合金中減少Bi的含量。Bi除改善耐熱循環性之外還可以使熔點降低。但是，Bi有在熔融焊料凝固時發生偏析的性質，推測Bi的含量如果多，則會妨礙熔融焊料的凝固，因此，過冷卻狀態的溫度降低，熔融焊料變得過冷卻。

【0013】過冷卻是指：在平衡狀態下，於凝固的溫度下不發生凝固的狀態。此處，在以Sn為主成分的焊料合金中，如果發生過冷卻，則過冷卻狀態的溫度越低，Sn的晶粒變得越微細。推測這是由於，過冷卻狀態的溫度是遠低於凝固開始溫度的溫度，因此，會在極短時間內發生從液體至固體的狀態變化。另一方面，如前所述，過冷卻狀態下的Sn會維持液體狀態，因此，推測在熔融焊料中成為初晶的化合物、電極與焊料合金的接合界面處形成的金屬間化合物會粗大化而變脆。

【0014】接著，如果想要抑制過冷卻的發生，則需要使凝固開始溫度為高溫。因此，Sn的晶粒變大。與此相對，在熔融焊料中成為初晶的化合物、電極與焊料合金的接合界面處形成的金屬間化合物會由於Sn的凝固開始溫度變高而微細化。推測這是由於，化合物與固體狀態的Sn的固相擴散的擴散速度慢於化合物與液體狀態的Sn的固液擴散的擴散速度，化合物的生長被抑制。認為在如專利文獻1所記載的焊料合金那樣含有Bi、Sb的焊料合金中，由於含有作為凝固核發揮功能的Fe、Co，因此過冷卻被抑制，由此除化合物之外，Sn的晶粒也變得微細。如果歸納Sn-Ag-Cu-Bi-Sb系焊料合金中的熔融焊料冷卻時的行為，則成為以下的表1所示這樣。

【0015】

【表 1】

合金組織 部位	合金組織	無Fe、Co	帶有Fe、Co	
		發生過冷卻	過冷卻抑制 + Fe、Co的含量不足	過冷卻抑制 + Fe、Co的含量適當
焊料合金中	Sn 晶粒	微細	粗大	微細
	化合物	粗大、脆	微細	微細
	(Cu ₆ Sn ₅ 、Ag ₃ Sn)			
接頭部分	IMC(化合物)	粗大	微細	微細

【0016】如前所述，Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Fe-Co焊料合金中，Bi使過冷卻狀態的溫度降低，因此，為了抑制過冷卻溫度的降低，可以舉出減少Bi含量的方案。另外，通常對於焊料合金而言，各構成元素不會各自獨立發揮功能，而

是全部構成元素成為一個整體時才能夠開始發揮固有的效果。因此，本發明人等在專利文獻1所記載的焊料合金中，對能夠耐受相當於對於焊料接頭來說實用上沒有問題的程度的負荷的熱循環試驗、且顯示出高的導熱性的焊料合金進一步推進了研究。

【0017】微細的合金組織有助於改善耐熱循環性。認為這可以藉由抑制過冷卻、和含有有助於晶核數量增加的元素來實現。此處，認為微細的組織使晶界的面積增大，因此，導熱率會降低。然而，焊料合金中析出的化合物的導熱率低。因此，化合物如果大量析出，則與晶界的面積增加相比，會更有助於導熱率的降低。作為合金組織，即使微細的Sn晶粒析出，只要減少化合物的析出量就可以避免導熱性的降低。

【0018】但是，即使Bi的含量減少，如果低導熱率的化合物在接合界面析出並在焊料合金中游離，則導熱率也會降低。因此，僅憑藉減少Bi的含量無法實現效果的兼顧。為了維持耐熱循環性並改善導熱性，期望化合物不從焊料接頭的接合界面向焊料合金中游離。

【0019】此處，游離是指：在由於分級焊接(step soldering)、時效而導致化合物在焊料接頭的接合界面大量析出的情況下，在接合界面析出的化合物向焊料合金中移動的現象。接合界面的化合物越微細，越容易發生游離。因此，專利文獻1中，從聲音品質的觀點出發，提出了不含有使接合界面的化合物變得微細的Ni的合金組成。

然而，本發明中，鑒於導熱性的改善，需要除抑制游離之外還進一步減少Bi相的析出量，從而實現導熱性的改善。

【0020】另一方面，Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Fe-Co焊料合金中，作為有助於耐熱循環性的化合物，例如可以舉出SnSb等。SnSb如果為適量，則可以抑制熔點的上升並顯示出高的耐熱循環性。為了改善耐熱循環性，SnSb等化合物的析出需要成為規定量。

【0021】如此，如果考慮合金組織，則耐熱循環性和導熱性具有彼此相反的方向性，因此，現有的焊料合金中，難以同時發揮上述效果。本發明人等為了能夠調整合金組織的微細化與化合物的析出量，在減少了Bi的含量後，對其他添加元素的含量進行了綜合研究。其結果得到如下見解：各構成元素的含量為特定的範圍內的情況下，首次可以同時發揮優異的耐熱循環性與導熱性，且潤濕性也優異，完成了本發明。需要說明的是，本發明中，雖然針對電子電路進行了示例，但只要為需要同時發揮這些效果的用途即可，不限定於此。

根據這些見解得到的本發明如以下所述。

【0022】(0)一種焊料合金，其特徵在於：其以質量%計為Ag：3.0~3.8%、Cu：0.1~1.0%、Bi：超過0%且為0.9%以下、Sb：1.0~7.9%、Fe：0.020~0.040%、Co：0.001~0.020%、且餘量由Sn組成。

(1)一種焊料合金，其特徵在於：具有如下的合金組成：以質量%計為Ag：3.0~3.8%、Cu：0.1~1.0%、Bi：

超過 0% 且為 0.9% 以下、Sb：1.0~7.9%、Fe：0.020~0.040%、Co：0.001~0.020%、且餘量由Sn組成。

【0023】(2)根據上述(0)或上述(1)所述的焊料合金，其中，合金組成還含有以質量%計總計為0.1%以下的Ge、Ga、As、Pd、Mn、In、Zn、Zr和Mg中的至少1種。

【0024】(3)根據上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金，其中，合金組成滿足下述(1)式~(3)式。

$$0.00018 \leq Ag \times Cu \times Sb \times Fe \times Co \leq 0.00203 \quad (1)$$

$$0.08 \leq Ag \times Cu \times Bi \leq 1.85 \quad (2)$$

$$0 < Sb \times Fe \times Co \leq 0.00139 \quad (3)$$

上述(1)式~(3)式中，Ag、Cu、Bi、Sb、Fe和Co分別表示前述合金組成的含量(質量%)。

【0025】(4)一種焊膏，其具有由上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金形成的焊料粉末。

【0026】(5)一種焊球，其由上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金形成。

【0027】(6)一種焊料預成型體，其由上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金形成。

【0028】(7)一種焊料接頭，其具有上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金。

【0029】(8)一種車載電子電路，其特徵在於：具有上述(0)~上述(2)中任一項所述的焊料合金。

【0030】(9)一種ECU電子電路，其特徵在於：具有上述(0)~上述(2)中任一項的焊料合金。

【0031】(10)一種車載電子電路裝置，其特徵在於：

具備上述(8)所述的車載電子電路。

【0032】(11)一種ECU電子電路裝置，其特徵在於：
具備上述(9)所述的ECU電子電路。

【圖式簡單說明】

【0033】

[圖1]為示出實施例32中的截面觀察的結果的圖像。

[圖2]為示出比較例15中的截面觀察的結果的圖像。

【實施方式】

【0034】以下對本發明更詳細地進行說明。本說明書中，關於焊料合金組成的「%」只要沒有特別指定就是「質量%」。

【0035】

1. 焊料合金

(1) Ag：3.0~3.8%

Ag會改善焊料合金的潤濕性，並且由於會形成 Ag_3Sn 的網格結構，因此有助於改善耐熱循環性。Ag的含量如果超過3.8質量%，則焊料合金的液相線溫度變高，不發生Sb的再固溶， SnSb 不會變得微細，耐熱循環性降低。另外，粗大的 Ag_3Sn 的析出會導致耐熱循環性和導熱性劣化。Ag含量的上限為3.8%以下、優選為3.6%以下、更優選為3.5%以下、進一步優選為3.4%以下。

【0036】另一方面，Ag含量如果低於3.0%，則不會

形成 Ag_3Sn 的網格結構，會由於 Ag_3Sn 而在熱的傳導中產生不均，有導熱性降低的傾向。另外，耐熱循環性、潤濕性也降低。 Ag 含量的下限為 3.0% 以上、優選為 3.1% 以上、更優選為 3.2% 以上、進一步優選為 3.3% 以上。

【0037】

(2) Cu ：0.1~1.0%

Cu 可以防止對 Cu 焊盤的 Cu 溶蝕，且維持優異的導熱性、耐熱循環性，進一步降低液相線溫度。 Cu 的含量如果大幅超過 1.0%，則液相線溫度有時上升。另外，會形成粗大的 Cu_6Sn_5 化合物，因此，潤濕性降低，進而導熱率、耐熱循環性也降低。 Cu 含量的上限為 1.0% 以下、優選為 0.9% 以下、更優選為 0.8% 以下、進一步優選為 0.7% 以下。

【0038】另一方面， Cu 的含量如果低於 0.1%，則潤濕性降低。另外，電極的 Cu 會從焊料接頭的接合界面向焊料合金中擴散，在焊料合金中形成 CuSn 系化合物，由此，耐熱循環性和導熱性劣化。 Cu 含量的下限為 0.1% 以上、優選為 0.3% 以上、更優選為 0.5% 以上、進一步優選為 0.6% 以上。

【0039】

(3) Sb ：1.0~7.9%

Sb 在熱循環試驗的 125°C 下呈現固溶於 Sn 的狀態，隨著溫度降低， Sn 基體中的 Sb 逐漸以過飽和狀態變得固溶。而且，在 Bi 為下述範圍內的情況下，在 -40°C 下會形成以 SnSb 化合物的形式析出的組織。由此，本發明的焊料合金

在高溫時進行焊料合金的固溶強化，在低溫時進行析出強化，由此，顯示出優異的耐熱循環性。在Sb的含量超過7.9%的情況下，液相線溫度有時上升。另外，粗大的SnSb化合物的析出量變多，耐熱循環性、導熱性降低。進而，潤濕性也降低。此外，還會引起焊料合金的脆化。Sb含量的上限為7.9%以下、優選為7.0%以下、更優選為6.0%以下、進一步優選為5.0%以下、特別優選為4.0%以下、最優選為3.8%以下，可以為3.5%以下，可以為3.2%以下。

【0040】另一方面，Sb的含量如果低於1.0%，則不會出現析出強化，固溶強化也變得不充分，因此，耐熱循環性降低。Sb含量的下限為1.0%以上、優選為1.2%以上、更優選為1.5%以上、進一步優選為1.8%以上、特別優選為2.0%以上、最優選為2.2%以上，可以為2.5%以上、2.8%以上、3.0%以上。

【0041】

(4) Bi：超過0%且為0.9%以下

Bi有助於潤濕性的改善、固相線溫度、液相線溫度的降低、和耐熱循環性的改善。會與SnSb化合物的Sb置換，由於原子量大於Sb、使晶格畸變的效果大，因此可以改善耐熱循環性。另外，Bi會不妨礙微細的SnSb化合物的形成地維持析出強化型的焊料合金。

【0042】需要說明的是，在以往的Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Fe-Co焊料合金中，認為Bi的含量低於1.5%時，微細的SnSb的析出量少，因此，無法預見到耐熱循環性的改善。

另外，以往的焊料合金中，由於Bi的大量添加而導致Bi相的析出量增加，導熱性低。

【0043】然而，由於焊料接頭要求高的導熱性，因此，只要可以表現出實用上沒有問題的程度的耐熱循環性，就可以形成比以往更優異的焊料接頭。因此，本發明的焊料合金需要調整化合物的析出量以改善導熱性，Bi的含量少於以往的焊料合金。藉由減少Bi的含量，即使不使SnSb的微細化達到以往的焊料合金的狀態，本發明的焊料合金也由於含有有助於合金組織的微細化的Fe和Co而可以表現出實用上沒有問題的程度的耐熱循環性。

【0044】Bi的含量如果超過0%且為0.9%以下，則化合物的析出量減少，且Bi的偏析被抑制，因此，可以表現出耐熱循環性和高導熱性。另外，焊料合金的延性改善，可以避免焊料合金的硬化和脆化，因此，會將耐熱循環性維持在實用上沒有問題的程度。如果不含有Bi，則無法發揮Bi的添加效果，潤濕性和耐熱循環性差。Bi的含量如果增加直至1.5%以上，則Bi相的析出量增加，因此，導熱率降低。另外，Bi的含量大幅高於1.5%時會發生過冷卻，固相線溫度降低。Bi含量的上限為0.9%以下、優選為0.8%以下、更優選為0.7%以下。Bi的含量的下限超過0%，優選為0.1%以上、更優選為0.2%以上、進一步優選為0.3%以上、特別優選為0.5%以上。

【0045】

(5) Fe：0.020~0.040%

Fe維持優異的潤濕性、且在熔融焊料凝固時作為凝固核發揮功能，因此，藉由抑制過冷卻而使得Sn晶粒變得微細，另外，有助於耐熱循環性的改善。Fe的含量如果大幅超過0.040%，則液相線溫度有時上升。另外，潤濕性差。進而，會析出粗大的SnFe化合物，因此，耐熱循環性降低。Fe的含量如果多至液相線溫度上升的程度，則導熱率會降低。Fe含量的上限為0.040%以下、優選為0.030%以下。

【0046】另一方面，Fe的含量如果低於0.020%，則過冷卻不被抑制，因此，合金組織不會變得微細，耐熱循環性差。Fe含量的下限為0.020%以上、優選為0.025%以上。

【0047】

(6) Co：0.001~0.020%

Co與Fe同樣地維持優異的潤濕性，且在熔融焊料凝固時作為凝固核發揮功能，因此，藉由抑制過冷卻而使得Sn晶粒變得微細，另外，耐熱循環性改善。Co的含量如果超過0.020%，則會析出粗大的SnCo化合物，因此，耐熱循環性降低。如果Co的含量多直至液相線溫度上升的程度，則導熱率降低。Co的含量的上限為0.020%以下、優選為0.010%以下、更優選為0.009%以下。

【0048】另一方面，Co的含量如果低於0.001%，則過冷卻不被抑制，因此，合金組織不變得微細，耐熱循環性差。Co的含量的下限為0.001%以上、優選為0.003%以上、更優選為0.005%以上、進一步優選為0.008%以上。

【0049】

(7) (1)式~(3)式

$$0.00018 \leq \text{Ag} \times \text{Cu} \times \text{Sb} \times \text{Fe} \times \text{Co} \leq 0.00203 \quad (1)$$

$$0.08 \leq \text{Ag} \times \text{Cu} \times \text{Bi} \leq 1.85 \quad (2)$$

$$0 < \text{Sb} \times \text{Fe} \times \text{Co} \leq 0.00139 \quad (3)$$

上述(1)式~(3)式中，Ag、Cu、Bi、Sb、Fe和Co分別表示合金組成的含量(質量%)。

【0050】構成本發明的焊料合金的元素至少有助於耐熱循環性和導熱性的任一者。(1)式為表示與Sn形成化合物的添加元素的平衡性的式子。本發明中，化合物有助於耐熱循環性和導熱性，因此，任意化合物最好不大量析出，調整為容易發揮各效果的析出量。藉由使各構成元素為上述範圍內且滿足(1)式，從而使化合物進一步平衡性良好地析出，因此，固相線溫度和液相線溫度適當，進而，藉由抑制過冷卻，從而耐熱循環性優異，導熱性也優異。

【0051】(2)式為表示均有助於潤濕性的元素的平衡性的式子。Ag、Cu和Bi雖然均有助於潤濕性，但如果各構成元素為上述範圍內且任一元素的含量不過度少，則會發揮優異的潤濕性。(3)式也與(2)式同樣地為表示均有助於潤濕性的元素的平衡性的式子。Sb、Fe和Co雖然均有助於潤濕性，但如果各構成元素為上述範圍內、且任一元素的含量不過度多，則會發揮進一步優異的潤濕性。(1)式~(3)式為本發明的優選方式，因此，即使為不滿足這些式子的合金組成，只要如前所述各構成元素的含量適當即

可，可以得到實用上沒有問題的程度的效果。同時滿足這些式子的合金組成中，本發明中的全部評價達到最高水平。

在關係式(1)~(3)的計算中使用了作為合金組成的實測值的表2和表3所示的數值。計算中，為了確認所使用的全值由相同的位數(基於各關係的下限值與上限值所示的數位)構成，在表中所示的值上追加了零。對於未表示的數字，例如在Ag含量以測定值計為1.0質量%的情況下，關係式(1)~(3)的計算中使用的Ag含量根據所需的適應方式以包含追加的位數「0」的方式進行了修正。關於關係式(1)~(3)，根據上限值和下限值的數位，關係式(1)由十進制5位計算、關係式(2)由十進制2位計算，關係式(3)由十進制5位計算。本申請中使用該計算規則，另外，全部組合物必須以相同的方法處理，因此，在其他文獻等所說明的其他組合物的相關計算中也使用該規則。

【0052】(1)式的上限優選為0.00203以下、更優選為0.00200以下、進一步優選為0.00197以下、特別優選為0.00190以下、最優選為0.00181以下，可以為0.00168以下、0.00167以下、0.00152以下、0.00143以下、0.00133以下、0.00130以下、0.00126以下、0.00119以下、0.00114以下。(1)式的下限優選為0.00018以上、更優選為0.00019以上、進一步優選為0.00020以上、特別優選為0.00048以上、最優選為0.00057以上，可以為0.00071以上、0.00086以上、0.00095以上、0.00105以上。

【0053】(2)式的上限優選為1.85以下、更優選為1.33以下、進一步優選為1.19以下、進一步更優選為1.09以下、特別優選為1.05以下。(2)式的下限優選為0.08以上、更優選為0.17以上、進一步優選為0.24以上、特別優選為0.41以上、最優選為0.48以上。

【0054】(3)式的上限優選為0.00139以下、更優選為0.00120以下、進一步優選為0.00100以下、進一步更優選為0.00097以下、特別優選為0.00084以下、最優選為0.00080以下。(3)式的下限超過0、優選為0.00008以上、更優選為0.00020以上、進一步優選為0.00024以上、特別優選為0.00030以上、最優選為0.00036以上，可以為0.00040以上、0.00044以上、0.00048以上、0.00050以上、0.00056以上、0.00060以上、0.00064以上、0.00070以上、0.00076以上。

【0055】

(8) 以質量%計總計為0.1%以下的Ge、Ga、As、Pd、Mn、In、Zn、Zr和Mg中的至少1種

本發明的焊料合金在不有損本發明的效果的範圍內可以含有任意元素。這些任意元素只要總計為0.1%以下就可以維持本發明的效果。下限沒有特別限定，為0.001%以上即可。

【0056】

(9) 餘量：Sn

本發明所涉及的焊料合金的餘量為Sn。除前述元素之

外可以還含有不可避免的雜質。本發明的焊料合金的餘量可以由Sn和不可避雜質組成。含有不可避免的雜質的情況下，對前述效果沒有影響。需要說明的是，Ni會促進在焊料接頭的接合界面析出的化合物的游離，因此，最好不含。

【0057】對本發明的焊料合金而言，理想的是構件的溶蝕、錯位、再氧化、空隙的發生等安裝性不降低的溫度域。本發明的焊料合金的固相線溫度優選為200℃以上、更優選為210℃以上。上限沒有特別限定，只要為液相線溫度以下即可，為250℃以下即可。液相線溫度為使焊料合金的熔融溫度不變高的溫度為宜，只要為250℃以下即可，優選230℃以下。下限為固相線溫度以上即可。

【0058】

2. 焊膏

本發明的焊膏是由上述合金組成形成的焊料粉末與助焊劑的混合物。本發明中使用的助焊劑只要可以藉由常規方法進行焊接就沒有特別限制。因此，可以使用適宜配混有通常使用的松香、有機酸、活性劑以及溶劑而成者。本發明中金屬粉末成分與助焊劑成分的配混比例沒有特別限制，優選金屬粉末成分：80~90質量%、助焊劑成分：10~20質量%。

【0059】

3. 焊球

本發明的焊料合金可以作為焊球使用。作為焊球使用

的情況下，對於本發明的焊料合金，可以使用屬於本領域中通常的方法的滴下法來製造焊球。另外，可以利用將1個焊球搭載在塗布有助焊劑的1個電極上並接合等本領域中通常的方法對焊球進行加工，從而製造焊料接頭。焊球的粒徑優選為 $1\mu\text{m}$ 以上、更優選為 $10\mu\text{m}$ 以上、進一步優選為 $20\mu\text{m}$ 以上、特別優選為 $30\mu\text{m}$ 以上。焊球的粒徑的上限優選為 $3000\mu\text{m}$ 以下、更優選為 $1000\mu\text{m}$ 以下、進一步優選為 $800\mu\text{m}$ 以下、特別優選為 $600\mu\text{m}$ 以下。

【0060】

4. 焊料預成型體

本發明的焊料合金可以作為預成型體使用。作為預成型體的形狀，可以舉出墊圈、環、粒料、盤、條、線等。

【0061】

5. 焊料接頭

本發明的焊料接頭適合用於至少2個以上的被接合構件的接合。關於被接合構件，只要為例如使用元件、基板、電子部件、印刷電路板、絕緣基板、散熱器、引線框、電極端子等的半導體和電源模組、反相器製品等使用本發明的焊料合金來電連接者就沒有特別限定。

【0062】關於使用本發明的焊料合金的接合方法，例如使用回流焊(reflow)法依據常規方法進行即可。進行流焊(flow soldering)時的焊料合金的熔融溫度可以大致為比液相線溫度高 20°C 左右的溫度。另外，使用本發明的焊料合金進行接合的情況下，考慮凝固時的冷卻速度可以進一

步使合金組織微細。例如以 $2\sim 3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上的冷卻速度對焊料接頭進行冷卻。其他接合條件可以根據焊料合金的合金組成而適宜調整。

【0063】

6. 車載電子電路、ECU電子電路、車載電子電路裝置、ECU電子電路裝置

本發明的焊料合金如迄今為止的說明所示那樣耐熱循環性和導熱性優異。因此，即使作為會被暴露於嚴苛的環境的汽車用、亦即車載用來使用，也會不促進裂紋的生長、發展。因此，從具備這種特別顯著的特性來看，可知本發明的焊料合金特別適於搭載於汽車的電子電路的焊接。

【0064】本說明書中所謂的「耐熱循環性優異」如後述的實施例中所示那樣，是指即使進行 -40°C 以下且 $+125^{\circ}\text{C}$ 以上這樣的熱循環試驗，3000次循環後的剪切強度殘留率也為40%以上。

【0065】這種特性意味著：即使在上述熱循環試驗那樣的非常嚴苛的條件下使用，車載電子電路也不斷裂、亦即不會導致無法使用或者誤操作。進而，本發明的焊料合金的經過熱循環後的剪切強度殘留率優異。亦即，即使長時間使用，對剪切強度等外力的耐性也不降低。

【0066】如此，本發明的焊料合金可以用於更為特別規定的車載電子電路的焊接、或者用於ECU電子電路的焊接，發揮優異的耐熱循環性。

【0067】「電子電路」是指：藉由各自具有功能的多個電子部件的電子學的組合而作為整體發揮目標功能的體系(系統)。

【0068】作為構成這樣的電子電路的電子部件，可例示出晶片電阻部件、複式電阻部件、QFP、QFN、功率電晶體、二極體、電容器等。組裝了這些電子部件的電子電路設置於基板上，構成電子電路裝置。

【0069】本發明中，對構成上述電子電路裝置的基板、例如印刷電路板沒有特別限制。另外，對其材質也沒有特別限制，可例示出耐熱性塑膠基板(例如：高Tg低CTE的FR-4)。印刷電路板優選為對Cu焊盤表面用胺、咪唑等有機物(OSP：Organic Surface Protection)進行了處理的印刷電路基板。

【0070】

7. 其他

本發明的焊料合金藉由使用低 α 射線量材料作為其原材料，從而可以製造低 α 射線量合金。這種低 α 射線量合金在用於記憶體周邊的焊料凸塊的形成時可以抑制軟錯誤。

[實施例]

【0071】根據以下的實施例對本發明進行說明，但本發明不限定於以下的實施例。

為了驗證本發明的效果，使用表2和表3中記載的焊料合金，對(1)固相線溫度和液相線溫度、(2)導熱率、(3)過

冷卻、(4)耐熱循環性以及(5)潤濕性進行了評價。

【0072】

(1) 固相線溫度和液相線溫度

對於具有表2和表3中記載的各合金組成的焊料合金，由DSC曲線求出各溫度。DSC曲線如此得到：利用Seiko Instruments Inc.製的DSC(型號：Q2000)，在大氣中以5℃/分鐘進行升溫，從而得到。由得到的DSC曲線求出液相線溫度，作為熔融溫度。另外，由DSC曲線還評價了固相線溫度。在固相線溫度為210℃以上、且液相線溫度低於230℃的情況下，判定為「◎」。在固相線溫度為210℃以上、且液相線溫度為230℃以上且250℃以下的情況下，判定為「○」。在固相線溫度低於210℃、或液相線溫度超過250℃的情況下，判定為「×」。

【0073】

(2) 導熱率

使用表2和表3所示的焊料合金的片，製作 $\phi 10\text{mm}$ 、厚3mm的樣品。對於這些樣品的導熱率，用導熱率計(Advance Riko製、裝置名：TC7000)，根據雷射閃光法，對每個樣品進行3次熱擴散率 α 的測定，將3次的總和除以3而得到的值作為導熱率的平均值求出。對於樣品的比熱 $C(\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K}))$ ，將每個樣品測定3次，將3次的總和除以3而得到的值作為比熱的平均值求出。然後，使用根據阿基米德法而求出的密度 ρ ，依據下式計算導熱率 λ 。在導熱率為50[W/m/K]以上的情況下，判定為「◎」，在為

48[W/m/K] 以上且低於 50[W/m/K] 的情況下，判定為「○」，在低於 48[W/m/K] 的情況下，判定為「×」。

$$\lambda = \alpha \times C \times \rho$$

【0074】

(3) 過冷卻

過冷卻為升溫時的液相線溫度與降溫時的液相線溫度之差。使用上述「(1) 固相線溫度和液相線溫度」中使用的裝置，在大氣中、以 5℃/分鐘進行升溫使樣品熔融，之後將同一樣品冷卻，得到 DSC 曲線，由得到的 DSC 曲線求出降溫時的液相線溫度。降溫時的液相線溫度與「(1) 固相線溫度和液相線溫度」中評價的升溫時的液相線溫度之差即 ΔT 為 0~30℃ 的情況下，判定為「◎」。超過 30℃ 的情況下，判定為「×」。

【0075】

(4) 耐熱循環性(TCT)

(4-1) 糊劑的製作

藉由霧化法製作表 2 和表 3 所示的各焊料合金的粉末。將該合金的粉末與包含松香、溶劑、觸變劑、有機酸等的助焊劑(千住金屬工業股份有限公司製「GLV」)混和製作焊膏。使焊膏的合金粉末為 88 質量%、助焊劑為 12 質量%。利用 150 μ m 的金屬遮罩將該焊膏印刷在 6 層的印刷電路板(FR-4、Cu-OSP)的 Cu 焊盤上後，用安裝機安裝 3216 的晶片電阻器。之後，在最高溫度 245℃、保持時間 40 秒的加熱條件下使其熔融來進行回流焊，進行焊接，製作試驗基

板。

【0076】將該試驗基板放入到設定為低溫 -40°C 、高溫 $+125^{\circ}\text{C}$ 、保持時間30分鐘的條件的熱循環試驗機中，3000次循環後在各條件下從熱循環試驗機取出，進行剪切試驗。

【0077】

(4-2)剪切強度可靠性(剪切強度殘留率)

剪切強度試驗針對上述3000次循環後的各樣品(對於實施例和比較例各為5個樣品)，使用接頭強度試驗機STR-5100以 25°C 、試驗速度6mm/分鐘、試驗高度為100 μm 的條件進行。剪切強度殘留率(%)用(熱循環試驗後的剪切強度) $\times 100 /$ (初始的剪切強度)求出。本實施例中，在剪切強度殘留率的平均值為40%以上情況下，判定為「◎」，在低於40%情況下，判定為「×」。

【0078】

(5) 潤濕性

(5-1)試驗板的製作

焊料合金的潤濕性依據弧面沾錫(Meniscograph)試驗的方法而測定。對於銅板(寬度10mm $\times$ 長度30mm $\times$ 厚度0.3mm)塗布助焊劑(千住金屬工業股份有限公司製「ES-1100」)。在 120°C 下、在大氣環境中對塗布有助焊劑的銅板進行加熱處理15分鐘，得到試驗板。對於各實施例和各比較例，分別各準備5張這種試驗板。

【0079】

(5-2)評價方法

使得到的試驗板分別浸漬在導入了具有表2和表3所示的合金組成的熔融焊料的焊料槽中，得到零交叉時間(秒)。此處，使用 Solder Checker SAT-5100(RHESCA公司製)作為試驗裝置，如下進行評價。根據各實施例和各比較例的5張試驗板的零交叉時間(秒)的平均值，對焊料潤濕性進行評價。試驗條件如以下設定。

【0080】 對焊料槽的浸漬速度：10mm/秒

對焊料槽的浸漬深度：4mm

對焊料槽的浸漬時間：10秒

焊料槽溫度：255℃

零交叉時間(秒)的平均值越短，潤濕速度越快，表示焊料潤濕性越良好。

【0081】

(5-3)判定基準：

在零交叉時間(秒)的平均值為1.3秒以下的情況下，判定為「◎」，在超過1.3秒且為1.5秒以下的情況下，判定為「○」，在超過1.5秒的情況下，判定為「×」。

【0082】

【表 2】

	合金組成(質量%)								(1)式	(2)式	(3)式	評價 1			評價 2	評價 3	評價 4	評價 5	綜合評價
	Sn	Ag	Cu	Bi	Sb	fe	Co	任意元素				固相線 (℃)	液相線 (℃)	判定	導熱率	過冷卻/ 冷卻時的 溫度差	TCT	潤濕性	
實施例 1	Bal	3.0	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00126	1.05	0.00060	216	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 2	Bal	3.1	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00130	1.09	0.00060	216	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 3	Bal	3.8	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00160	1.33	0.00060	216	227	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 4	Bal	3.4	0.1	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00020	0.17	0.00060	216	223	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 5	Bal	3.4	1.0	0.6	3.0	0.025	0.008		0.00204	2.04	0.00060	216	218	◎	○	◎	◎	○	◎
實施例 6	Bal	3.4	0.7	0.1	3.0	0.025	0.008		0.00143	0.24	0.00060	217	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 7	Bal	3.4	0.7	0.2	1.0	0.025	0.008		0.00048	0.48	0.00020	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 8	Bal	3.4	0.7	0.2	1.2	0.025	0.008		0.00057	0.48	0.00024	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 9	Bal	3.4	0.7	0.2	1.5	0.025	0.008		0.00071	0.48	0.00030	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 10	Bal	3.4	0.7	0.2	1.8	0.025	0.008		0.00086	0.48	0.00036	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 11	Bal	3.4	0.7	0.2	2.0	0.025	0.008		0.00095	0.48	0.00040	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 12	Bal	3.4	0.7	0.2	2.2	0.025	0.008		0.00105	0.48	0.00044	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 13	Bal	3.4	0.7	0.2	2.5	0.025	0.008		0.00119	0.48	0.00050	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 14	Bal	3.4	0.7	0.2	2.8	0.025	0.008		0.00133	0.48	0.00056	217	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 15	Bal	3.4	0.7	0.2	3.0	0.025	0.008		0.00143	0.48	0.00060	217	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 16	Bal	3.4	0.7	0.2	3.2	0.025	0.008		0.00152	0.48	0.00064	217	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 17	Bal	3.4	0.7	0.2	3.5	0.025	0.008		0.00167	0.48	0.00070	217	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 18	Bal	3.4	0.7	0.2	3.8	0.025	0.008		0.00181	0.48	0.00076	217	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 19	Bal	3.4	0.7	0.2	4.0	0.025	0.008		0.00190	0.48	0.00080	217	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 20	Bal	3.4	0.7	0.2	5.0	0.024	0.007		0.00200	0.48	0.00084	218	222	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 21	Bal	3.4	0.6	0.2	6.0	0.023	0.007		0.00197	0.41	0.00097	218	222	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 22	Bal	3.4	0.7	0.2	7.0	0.025	0.008		0.00333	0.48	0.00140	218	225	◎	○	◎	◎	○	◎
實施例 23	Bal	3.4	0.7	0.2	7.9	0.025	0.008		0.00376	0.48	0.00158	219	233	○	○	◎	◎	○	◎
實施例 24	Bal	3.4	0.7	0.5	1.0	0.025	0.008		0.00048	1.19	0.00020	215	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 25	Bal	3.4	0.7	0.5	1.2	0.025	0.008		0.00057	1.19	0.00024	215	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 26	Bal	3.4	0.7	0.5	1.5	0.025	0.008		0.00071	1.19	0.00030	215	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 27	Bal	3.4	0.7	0.5	1.8	0.025	0.008		0.00086	1.19	0.00036	215	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 28	Bal	3.4	0.7	0.5	2.0	0.025	0.008		0.00095	1.19	0.00040	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 29	Bal	3.4	0.7	0.5	2.2	0.025	0.008		0.00105	1.19	0.00044	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 30	Bal	3.4	0.7	0.5	2.5	0.025	0.008		0.00119	1.19	0.00050	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 31	Bal	3.4	0.7	0.5	2.8	0.025	0.008		0.00133	1.19	0.00056	216	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 32	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 33	Bal	3.4	0.7	0.5	3.2	0.025	0.008		0.00152	1.19	0.00064	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 34	Bal	3.4	0.7	0.5	3.5	0.025	0.008		0.00167	1.19	0.00070	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 35	Bal	3.4	0.7	0.5	3.8	0.025	0.008		0.00181	1.19	0.00076	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 36	Bal	3.4	0.7	0.5	4.0	0.025	0.008		0.00190	1.19	0.00080	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 37	Bal	3.4	0.7	0.5	5.0	0.024	0.007		0.00200	1.19	0.00084	217	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 38	Bal	3.4	0.7	0.5	6.0	0.025	0.008		0.00286	1.19	0.00120	217	223	◎	○	◎	◎	◎	◎
實施例 39	Bal	3.4	0.7	0.5	7.0	0.025	0.008		0.00333	1.19	0.00140	217	225	◎	○	◎	◎	○	◎
實施例 40	Bal	3.4	0.7	0.5	7.9	0.025	0.008		0.00376	1.19	0.00158	217	234	○	○	◎	◎	○	◎
實施例 41	Bal	3.4	0.7	0.7	1.0	0.025	0.008		0.00048	1.67	0.00020	214	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 42	Bal	3.4	0.7	0.7	1.2	0.025	0.008		0.00057	1.67	0.00024	214	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 43	Bal	3.4	0.7	0.7	1.5	0.025	0.008		0.00071	1.67	0.00030	214	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 44	Bal	3.4	0.7	0.7	1.8	0.025	0.008		0.00086	1.67	0.00036	214	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 45	Bal	3.4	0.7	0.7	2.0	0.025	0.008		0.00095	1.67	0.00040	214	218	◎	◎	◎	◎	◎	◎

【 0083 】

【表 3】

	合金組成(質量%)								(1)式	(2)式	(3)式	評價 1			評價 2	評價 3	評價 4	評價 5	綜合評價
	Sn	Ag	Cu	Bi	Sb	Fe	Co	任意元素				固相線 (°C)	液相線 (°C)	判定	導熱率	過冷卻/冷卻時的溫度差	ICT	潤濕性	
實施例 46	Bal	3.4	0.7	0.7	2.2	0.025	0.008		0.00105	1.67	0.00044	214	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 47	Bal	3.4	0.7	0.7	2.5	0.025	0.008		0.00119	1.67	0.00050	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 48	Bal	3.4	0.7	0.7	2.8	0.025	0.008		0.00133	1.67	0.00056	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 49	Bal	3.4	0.7	0.7	3.0	0.025	0.008		0.00143	1.67	0.00060	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 50	Bal	3.4	0.7	0.7	3.2	0.025	0.008		0.00152	1.67	0.00064	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 51	Bal	3.4	0.7	0.7	3.5	0.025	0.008		0.00167	1.67	0.00070	215	219	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 52	Bal	3.4	0.7	0.7	3.8	0.025	0.008		0.00181	1.67	0.00076	215	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 53	Bal	3.4	0.7	0.7	4.0	0.025	0.008		0.00190	1.67	0.00080	215	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 54	Bal	3.4	0.7	0.7	5.0	0.025	0.008		0.00238	1.67	0.00100	216	220	◎	○	◎	◎	◎	◎
實施例 55	Bal	3.4	0.7	0.7	6.0	0.025	0.008		0.00286	1.67	0.00120	216	221	◎	○	◎	◎	◎	◎
實施例 56	Bal	3.4	0.7	0.7	7.0	0.025	0.008		0.00333	1.67	0.00140	217	225	◎	○	◎	◎	○	◎
實施例 57	Bal	3.4	0.7	0.7	7.9	0.025	0.008		0.00376	1.67	0.00158	217	233	○	○	◎	◎	○	◎
實施例 58	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.020	0.008		0.00114	1.19	0.00048	216	221	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 59	Bal	3.4	0.7	0.5	4.5	0.040	0.008		0.00343	1.19	0.00144	215	250	○	○	◎	◎	○	◎
實施例 60	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.026	0.001		0.00019	1.19	0.00008	215	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 61	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.020		0.00357	1.19	0.00150	215	250	○	○	◎	◎	○	◎
實施例 62	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Ge 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 63	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Ga 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 64	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	As 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 65	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Pd 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 66	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Mn 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 67	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	In 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 68	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Zn 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 69	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Zr 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
實施例 70	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	Mo 0.008	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	◎	◎	◎	◎	◎
比較例 1	Bal	<u>2.9</u>	0.8	0.8	3.0	0.025	0.008		0.00139	1.86	0.00060	215	220	◎	○	◎	×	×	×
比較例 2	Bal	<u>3.9</u>	0.7	0.5	3.0	0.025	0.010		0.00205	1.37	0.00075	215	231	○	×	◎	×	◎	×
比較例 3	Bal	3.4	<u>0.04</u>	0.5	3.0	0.025	0.008		0.00008	0.07	0.00060	216	223	◎	×	◎	×	×	×
比較例 4	Bal	3.4	<u>1.05</u>	0.7	3.0	0.025	0.008		0.00214	2.50	0.00060	216	221	◎	×	◎	×	×	×
比較例 5	Bal	3.4	0.7	<u>0.0</u>	3.0	0.029	0.010		0.00207	0.00	0.00087	217	220	◎	◎	◎	×	×	×
比較例 6	Bal	3.6	0.5	<u>1.0</u>	3.1	<u>0.041</u>	0.009		0.00206	1.80	0.00114	214	219	◎	◎	◎	×	◎	×
比較例 7	Bal	3.4	0.7	<u>1.5</u>	3.0	0.025	0.008		0.00143	3.57	0.00060	212	218	◎	×	◎	◎	×	×
比較例 8	Bal	3.3	0.5	0.5	<u>0.5</u>	0.025	0.008		0.00017	0.83	0.00010	214	217	◎	◎	◎	×	◎	×
比較例 9	Bal	3.4	0.7	0.5	<u>8.0</u>	0.025	0.008		0.00381	1.19	0.00160	217	234	○	×	◎	×	×	×
比較例 10	Bal	3.4	0.4	0.5	2.0	<u>0.010</u>	0.006		0.00016	0.68	0.00012	215	221	◎	◎	◎	×	◎	×
比較例 11	Bal	3.4	0.7	0.5	3.5	<u>0.050</u>	0.008		0.00333	1.19	0.00140	216	220	◎	◎	◎	×	×	×
比較例 12	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	<u>0.0004</u>		0.00007	1.19	0.00003	216	220	◎	◎	◎	×	◎	×
比較例 13	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	<u>0.030</u>		0.00536	1.19	0.00225	216	250	○	◎	◎	×	×	×
比較例 14	Bal	3.4	0.7	<u>5.0</u>	6	0.02	<u>0.025</u>	Ni 0.01	0.00714	11.90	0.00300	199	227	×	×	×	◎	×	×
比較例 15	Bal	3.4	0.7	0.5	3.0	0.025	0.008	<u>Ni 0.01</u>	0.00143	1.19	0.00060	216	220	◎	×	◎	◎	◎	×

*底線表示為本發明的範圍之外。

【0084】由表 2 和表 3 表明，實施例 1~70 的 Ag、Cu、Bi、Sb、Fe 和 Co 的含量均為本發明的範圍內，因此，全部評價判定為「○」或「◎」。特別是滿足(1)式~(3)式的實

施例 1~4、6~21、24~37、41~53、58、60 和 62~70 的全部評價判定均為「◎」。

【0085】另一方面，比較例 1 的 Ag 的含量少，因此，TCT 和潤濕性差。比較例 2 的 Ag 的含量多，因此，導熱率和 TCT 差。比較例 3 和比較例 4 的 Cu 的含量不適當，因此，導熱率、TCT 和潤濕性差。

【0086】比較例 5 不含有 Bi，因此，TCT 和潤濕性差。比較例 6 的 Bi 和 Fe 的含量多，因此，TCT 差。比較例 7 的 Bi 的含量過多，因此，導熱率和潤濕性差。

【0087】比較例 8 的 Sb 的含量少，因此，TCT 差。比較例 9 的 Sb 的含量多，因此，導熱率、TCT 和潤濕性差。比較例 10 的 Fe 的含量少，因此，TCT 差。比較例 11 的 Fe 的含量多，因此，TCT 和潤濕性差。

【0088】比較例 12 的 Co 的含量少，因此，TCT 差。比較例 13 的 Co 的含量多，因此，TCT 和潤濕性差。比較例 14 的 Bi 的含量多，且含有 Ni，因此，固相線溫度低，導熱率差，過冷卻/冷卻時的溫度差大，潤濕性差。比較例 15 含有 Ni，因此，導熱率差。

【0089】將針對游離的有無進行了確認的結果示於圖 1 和圖 2。圖 1 為示出實施例 32 中的截面觀察的結果的圖像。圖 2 為示出比較例 15 中的截面觀察的結果的圖像。關於實施例和比較例，各準備 5 個樣品，對距離合金層與表面處理界面的距離為 5~15 μm 的區域(圖 1 和圖 2 中，作為「對象區域」表示的區域)進行觀察。

【0090】藉由霧化法製作實施例32和比較例15所示的各焊料合金的粉末。將該合金的粉末與包含松香、溶劑、觸變劑、有機酸等的助焊劑(千住金屬工業股份有限公司製「GLV」)混和製作焊膏。將使焊膏的合金粉末為88質量%、助焊劑為12質量%的該焊膏利用150 μ m的金屬遮罩糊劑印刷在6層的印刷電路板(FR-4、Cu-OSP)的Cu焊盤上後，用安裝機安裝3216的晶片電阻器。之後，在大氣中、在最高溫度245℃、保持時間40秒的加熱條件下使其熔融，進行回流焊，製作試驗基板。

【0091】之後，切出試驗基板進行研磨，將截面的接合界面附近放大至1000倍，進行觀察。用圖像解析軟體，算出整體的面積和CuSn系化合物的面積。使用Scandium作為圖像解析軟體。CuSn系化合物的面積率如下算出：使用算出的各面積的結果，根據(CuSn系化合物的面積率)(%)=(CuSn系化合物的面積) $\times$ 100/(對象區域的面積)來算出。

【0092】由圖1可以看出，實施例32的對應區域中，CuSn系化合物率為0%。圖2為比較例15的圖像，但對應區域中，CuSnNi系化合物率成為15~20%。可以看出實施例中未發生化合物的游離。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種焊料合金，其特徵在於：具有如下合金組成：以質量%計為Ag：3.0~3.8%、Cu：0.1~1.0%、Bi：0.1%以上0.9%以下、Sb：1.0~7.9%、Fe：0.020~0.040%、Co：0.001~0.008%、且餘量由Sn組成。

【請求項2】如請求項1之焊料合金，其中前述合金組成還含有以質量%計總計為0.1%以下的Ge、Ga、As、Pd、Mn、In、Zn、Zr和Mg中的至少1種。

【請求項3】如請求項1或2之焊料合金，其中前述合金組成滿足下述(1)式~(3)式，

$$0.00018 \leq Ag \times Cu \times Sb \times Fe \times Co \leq 0.00203 \quad (1)$$
$$0.08 \leq Ag \times Cu \times Bi \leq 1.85 \quad (2)$$
$$0 < Sb \times Fe \times Co \leq 0.00139 \quad (3)$$

前述(1)式~(3)式中，Ag、Cu、Bi、Sb、Fe和Co分別表示前述合金組成的含量(質量%)。

【請求項4】一種焊膏，其具有由如請求項1或2之焊料合金形成的焊料粉末。

【請求項5】一種焊球，其由如請求項1或2之焊料合金形成。

【請求項6】一種焊料預成型體，其由如請求項1或2之焊料合金形成。

【請求項7】一種焊料接頭，其具有如請求項1或2之焊料合金。

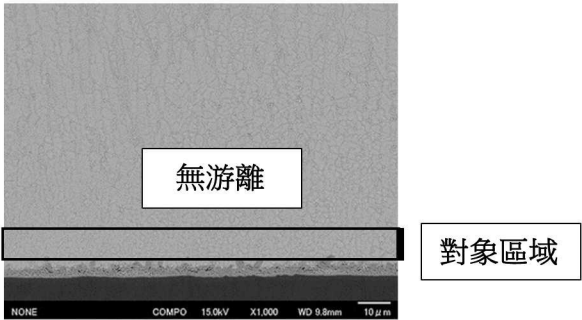
【請求項8】一種車載電子電路，其特徵在於：具有如請求項1或2之焊料合金。

【請求項9】一種ECU電子電路，其特徵在於：具有如請求項1或2之焊料合金。

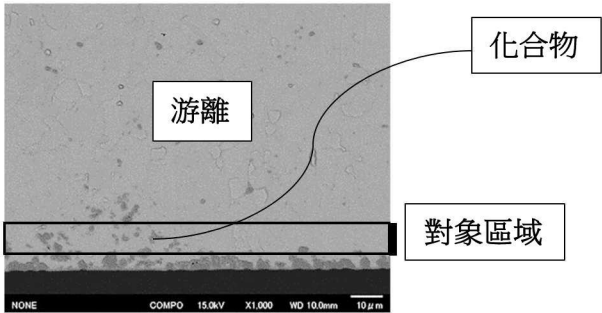
【請求項10】一種車載電子電路裝置，其特徵在於：具備如請求項8之車載電子電路。

【請求項11】一種ECU電子電路裝置，其特徵在於：具備如請求項9之ECU電子電路。

【發明圖式】



【圖 1】



【圖 2】