

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6136878号
(P6136878)

(45) 発行日 平成29年5月31日(2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 3 K	35/26	(2006.01)	B 2 3 K	35/26	3 1 0 C
C 2 2 C	12/00	(2006.01)	C 2 2 C	12/00	
C 2 2 C	1/02	(2006.01)	C 2 2 C	1/02	5 0 3 N
B 2 2 D	21/00	(2006.01)	B 2 2 D	21/00	Z
B 2 2 D	27/04	(2006.01)	B 2 2 D	27/04	G

請求項の数 7 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-238722 (P2013-238722)
 (22) 出願日 平成25年11月19日(2013.11.19)
 (65) 公開番号 特開2015-98046 (P2015-98046A)
 (43) 公開日 平成27年5月28日(2015.5.28)
 審査請求日 平成27年12月22日(2015.12.22)

(73) 特許権者 000183303
 住友金属鉱山株式会社
 東京都港区新橋5丁目11番3号
 (74) 代理人 100107836
 弁理士 西 和哉
 (74) 代理人 100185018
 弁理士 宇佐美 亜矢
 (72) 発明者 永田 浩章
 東京都青梅市末広町1-6-1 住友金属
 鉱山株式会社 青梅事業所内
 審査官 川口 由紀子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Bi基はんだ合金とその製造方法、並びにそれを用いた電子部品のボンディング方法および電子部品実装基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

融点の固相線が265以上、液相線が390以下のBi基はんだ合金であって、
 Agの含有量が0.6~18質量%、
 Alの含有量が0.1~3質量%、
 SnおよびZnのうち1種以上の含有量が0.01~3質量%、
 Cuの含有量が0~1質量%、及び
 PまたはGeの含有量が0~0.3質量%であり、
 残部がBi及び不可避不純物からなり、
 Alの含有量が、Agの含有量の1/20~1/2であり、
 はんだ合金内にAgとAlとの金属間化合物を含む粒子を分散させてなり、
 前記粒子全体の総体積に対して、97体積%以上の粒子が粒径50µm未満である
 ことを特徴とするBi基はんだ合金。

10

【請求項2】

Alの含有量がAgの含有量の1/15~1/4であることを特徴とする請求項1に記載のBi基はんだ合金。

【請求項3】

Cuを0.01~1質量%含有することを特徴とする請求項1又は2に記載のBi基はんだ合金。

【請求項4】

20

PまたはGeを0.001~0.3質量%含有することを特徴とする請求項1~3のいずれかに記載のBi基はんだ合金。

【請求項5】

請求項1~4のいずれかに記載のBi基はんだ合金の製造方法であって、前記Bi基はんだ合金を構成する各成分を原料として含むはんだ合金の溶湯を鋳型に流し込んだ後、260℃まで3秒/s以上以上の冷却速度で速やかに冷却固化させることで、AgとAlとの金属間化合物を含む粒子を合金内で分散させることを特徴とするBi基はんだ合金の製造方法。

【請求項6】

請求項1~4のいずれかに記載のBi基はんだ合金を使用して、表面にメッキによるNi層が形成された基板又はフレームに電子部品をボンディングすることを特徴する電子部品のボンディング方法。

10

【請求項7】

請求項1~4のいずれかに記載のBi基はんだ合金をその内部に用いた電子部品が実装された電子部品実装基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、Bi基はんだ合金、並びにそれを用いた電子部品のボンディング方法および電子部品実装基板に関し、さらに詳しくは、Pbを実質的に含まず、固相線温度が265℃以上、液相線温度が350℃以下であり、機械加工性、機械的強度および接合信頼性に優れたBiはんだ合金、並びに、それを用いた電子部品のボンディング方法および電子部品実装基板に関する。

20

【背景技術】

【0002】

電子部品を接合する際、まず半導体素子チップなどの電子部品をリードフレームへはんだで接合（ダイボンディング）し、次に、はんだを再溶融（リフロー）して半導体パッケージなどのプリント基板へ実装することが一般に行われている。

【0003】

30

従来から、電子部品の基板への実装には、中低温用はんだとしてSn/37質量%Pbの共晶はんだ（融点183℃）が広く用いられ、実装時、220~230℃でリフローが行われていた。一方、電子部品内部における接合には、実装時のリフロー温度（220~230℃）での再溶融による接続不良を防ぐため、実装時のリフロー温度よりも高い温度の固相線温度を有する高温用はんだ、Pb/5質量%Sn（固相線温度305℃）、Pb/3質量%Sn（固相線温度315℃）が用いられてきた。

【0004】

しかし、鉛（Pb）入りはんだを用いた製品は、廃棄処分後、製品からPbが流出して土壌に浸透し、農作物等に蓄積して人間に健康被害を及ぼす危険性が指摘され、さらに、酸性雨による廃棄処分された製品からのPbの流出の加速が指摘されていることから、近年、Pbを含まない無鉛はんだの開発が盛んに行われている。

40

【0005】

中低温用のPb入りはんだの代替品としては、Sn-Ag-Cu等のPbを含まない無鉛はんだが実用化されている。

しかしながら、Sn-Ag-Cu等の無鉛はんだの融点は、従来のPb/Sn共晶はんだより高く約220℃前後であり、実装時のリフロー温度は250~260℃付近となる。このため、リフロー温度260℃で10秒間保持するサイクルを5回程度繰り返した後でも、電子部品内部の接合信頼性等に問題が生じない高温用の無鉛はんだが必要とされる（特許文献1）。

【0006】

50

すなわち、高温用の無鉛はんだには、熱放散性、応力緩和性、耐熱疲労特性、電気伝導性等の特性以外に、実装時のリフロ - 温度（すなわち、250 ~ 260）での再溶融による接続不良を防ぐため、少なくとも260以上の固相線を有することが必要であり、リフロ - 時の温度のばらつき（5程度）を考慮すると、265以上の固相線温度が要求される。

【0007】

また、無鉛はんだの液相線温度が400以上の場合、ダイボンディング時の作業温度を400以上に上げる必要があり、チップ特性の変化、部材酸化の促進等の悪影響が生じる可能性がある。したがって、液相線温度は、400以下である必要があり、実際の生産工程を考慮すると、350以下であることが望ましい。

10

【0008】

260 ~ 350の融点を持つ無鉛はんだとして、Au - Snはんだ、Bi - Agはんだ等が提案されている。このAu - Snはんだは、融点が280であり、実装時の再溶融の問題はないが、高価であり、コスト上実用的でないために、Bi - Agはんだのほうが数多く提案されている。

【0009】

Bi - AgはんだでもBi / 2.5質量% Ag共晶はんだ（融点262）は、代表的なものであるが、固相線温度が265未満であるため、実装時に再溶融の問題が発生する可能性がある。また、Biはんだに特有の脆弱な機械的特性を有し、そのまま適用した場合、接合信頼性、機械加工性及び装置による連続供給性に悪影響を及ぼす。

20

【0010】

特許文献2には、Bi 30 ~ 80質量%のBi / Agはんだが開示されているが、固相線は262であり、再溶融の可能性がある。また、液相線温度が400 ~ 700と高いため、チップ特性の変化、部材酸化の促進等の悪影響が生じる恐れがある。

【0011】

また、特許文献3には、Biを含む多元系はんだの製造方法が開示され、液相線温度のばらつきが減少し、融点を250 ~ 300とすることが記載されている。しかし、Bi系はんだ特有の脆弱な機械的特性の改善については記載されていない。

【0012】

また、特許文献4には、BiにAl、Cuを含み、さらにSn含むはんだ合金が提案されている。しかしSnを加えることで、139の低融点層が出現し、260でのリフロ - 時に再溶融が発生してしまう恐れがある。

30

【0013】

さらに、高温用の無鉛はんだには、パワーデバイス等での大電流・大量発熱によるはんだ接続部への熱応力に対する十分な信頼性や、はんだワイヤー等のプリフォーム形状のはんだ（プリフォームはんだ）への機械加工性、装置による連続供給の使用可能性が実用上、要求されるが、従来のBi - Agはんだは、機械的特性の脆弱性から、ペースト状でしか供給が出来ず、プリフォームはんだの代替としては不十分な面が多かった。

【0014】

また、はんだ合金が塗布されるリードフレームアイランド部には、予めAgメッキが施されることもあるが、車載関係のデバイスでは、Agの代わりにNiメッキ処理されることが近年多くなっている。それは信頼性試験での温度サイクル試験等で、Ni - はんだ間の接合界面反応層の成長が抑制されることもあり、長期接合信頼性が高くなるからである。

40

【0015】

ところが、はんだ合金が塗布されるリードフレームアイランド部に、Niメッキが施されると、はんだの濡れ性が低下し、接合不足により接合強度が低下するという課題があった。このように、Niメッキが施された電子部品用はんだ合金には、はんだの濡れ性を低下させず、接合後の接合強度を低下させないようにする改良が要請されていた。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】特開2002-321084号公報

【特許文献2】特開2002-160089号公報

【特許文献3】特開2006-167790号公報

【特許文献4】特開2012-066270号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の目的は、かかる従来技術の問題点に鑑み、Pbを実質的に含まず、固相線温度が265以上、液相線温度が350以下であり、機械加工性、機械的強度および接合信頼性に優れたBiはんだ合金、並びにそれを用いた電子部品のボンディング方法およびリードフレームアイランド部にNiメッキ処理されている電子部品実装基板を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明者は、上記課題を解決するため、鋭意研究を重ねた結果、従来のBi-Agはんだにおいて、さらに特定量のAlを混合し合金化し、はんだ合金内にAgとAlとの金属間化合物を含む粒子が分散するようにすると、ボンディングの際、熱による電子部品の劣化・損傷が発生したり、はんだリフロー時の熱による再溶融の不具合が発生したりせず、接合信頼性の高いBi基はんだ合金が得られ、はんだ合金内にさらにSn又はZnを含有させると、はんだ合金が塗布されるリードフレームアイランド部に、Niメッキ処理される場合に、はんだの濡れ性が低下せず、接合後の接合強度が低下することもなく電子部品の接合しうることを見出し、本発明を完成させるに至った。

20

【0019】

すなわち、本発明の第1の発明によれば、融点の固相線が265以上、液相線が390以下のBi基はんだ合金であって、Agの含有量が0.6~18質量%、Alの含有量が0.1~3質量%、SnおよびZnのうち1種以上の含有量が0.01~3質量%、Cuの含有量が0~1質量%、及びPまたはGeの含有量が0~0.3質量%であり、残部がBi及び不可避不純物からなり、Alの含有量が、Agの含有量の1/20~1/2であり、はんだ合金内にAgとAlとの金属間化合物を含む粒子を分散させてなり、前記粒子全体の総体積に対して、97体積%以上の粒子が粒径50μm未満であることを特徴とするBi基はんだ合金が提供される。

30

【0020】

また、本発明の第2の発明によれば、第1の発明において、Alの含有量がAgの含有量の1/15~1/4であることを特徴とすることを特徴とするBi基はんだ合金が提供される。

また、本発明の第3の発明によれば、第1または2の発明において、さらに、Cuを0.01~1質量%含有することを特徴とするBi基はんだ合金が提供される。

40

また、本発明の第4の発明によれば、第1~3の発明において、さらに、PまたはGeを0.001~0.3質量%含有することを特徴とするBi基はんだ合金が提供される。

また、本発明の第5の発明によれば、第1~4の発明に係るBi基はんだ合金の製造方法であって、

前記Bi基はんだ合金を構成する各成分を原料として含むはんだ合金の溶湯を鋳型に流し込んだ後、260℃まで3sec以上の冷却速度で速やかに冷却固化させることで、AgとAlとの金属間化合物を含む粒子を合金内で分散させることを特徴とするBi基はんだ合金の製造方法が提供される。

【0021】

また、本発明の第6の発明によれば、第1~4のいずれかの発明に係るBi基はんだ合

50

金を使用して、表面にメッキによるNi層が形成された基板又はフレームに電子部品をボンディングすることを特徴する電子部品のボンディング方法が提供される。

【0022】

また、本発明の第7の発明によれば、第1～4のいずれかの発明に係るBi基はんだ合金をその内部に使用した電子部品が実装された電子部品実装基板が提供される。

【発明の効果】

【0023】

本発明のBi基はんだ合金は、Pbを実質的に含まず、固相線温度が265以上、液相線温度が390以下であり、はんだ合金内にAgとAlとの金属間化合物を含む微細な粒子が分散しているため、ボンディングの際、熱による電子部品の劣化・損傷が発生したり、はんだリフロー時の熱による再溶融の不具合が発生したりせず、接合信頼性の高いBi基はんだ合金を提供することができ、電子部品内部の接合であるダイボンディング等に好適に用いることができる。また、機械的強度および機械加工性の向上により、ワイヤー状のプリフォームはんだの成形・巻取りが可能となり、特にダイボンディング用高温はんだ合金のプリフォーム材として適している。

また、添加元素として上記Ag、Alのほか、さらに、SnまたはZnのいずれか一種以上を含んでいるため、はんだ合金が塗布されるリードフレームアイランド部に、Niメッキ処理される場合に、はんだの濡れ性が低下せず、接合後の接合強度が低下することもなく電子部品を接合しうる。

さらに、本発明のBi基はんだ合金を用いた電子部品や、基板への電子部品のボンディング方法により、チップ特性の変化や部材酸化が発生せず、機械的強度が高い電子部品実装基板を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明のBi基はんだ合金を用いた半導体パッケージの一例を示す断面図である。

【図2】従来のBi基はんだ合金(Bi/2.5Ag)の融点測定結果を示すチャートである。

【図3】本発明のベースとなるBi基はんだ合金(Bi/5Ag/1Al/0.3Sn)の融点測定結果を示すチャートである。

【図4】従来のBi基はんだ合金(Bi/2.5Ag)の引張試験結果を示すチャートである。

【図5】本発明のベースとなるBi基はんだ合金(Bi/5Ag/1Al/0.3Sn)の引張試験結果を示すチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明は、Bi-Agに特定量のAlを含有し、はんだ合金内にAgとAlとの金属間化合物を含む粒子を分散させてなるBi基はんだ合金、並びにそれを用いた電子部品のボンディング方法およびリードフレームアイランド部にNiメッキ処理されている電子部品実装基板に関する。

【0026】

1. Bi-Ag

本発明のBi基はんだ合金は、周期表のVa族元素に属し、結晶構造が対称性の低い三方晶(菱面体晶)で非常に脆弱な金属のBiを主成分とする。

【0027】

従来のBi-Agはんだは、前記のとおり、鉛を含まず、電子部品の基板実装時のリフロー温度上限260より高い固相線を有する高温はんだとして知られている。例えば、Bi-2.5質量%Agはんだは、共晶型合金であり、固相線温度が262で、純Biの融点271より約9低いものである。

【0028】

10

20

30

40

50

また、従来のBi-Agはんだにおいては、図4に示すようにBi/2.5Agの共晶型はんだ合金でも8%程度の伸び率しか示さない。この脆弱性のため、従来のBi-Agはんだでは、接合時やその後の信頼性試験で不具合が発生しやすく、またプリフォームはんだへの機械加工性・装置による連続供給性を確保することができなかった。

【0029】

そこで、本出願人は、Bi-Agはんだの固相線温度を上昇させるため、Biと組み合わせた場合、Bi-Ag共晶より融点の降下が少ないかまたは降下しない元素のAlに着目した結果、Agに対して特定の割合でAlを含有させることで、高い固相線温度と適度な液相線温度を有し、機械的強度、機械加工性等を向上させることができた。

【0030】

すなわち、本発明では、Bi-Agはんだをベースとして、AgとAlの割合を特定範囲にすることにより、265以上の固相線温度が得られるようにした。また、本発明のBi基はんだ合金は、基板に実装後も再溶解することなく、電子部品内部のはんだの初期状態を保つことができ、かつ、機械的強度、機械加工性等に優れるものである。

以下、本発明のBi基はんだ合金に用いられる各成分、得られるはんだ合金を用いた電子部品のボンディング方法、実装基板等について詳細に説明する。

【0031】

本発明においてBiの含有量は、他の必須添加元素であるAg、Alなどの添加量に応じて決まるが、はんだ合金の全量に対して、80質量%以上でなければならない。Biの含有量が80質量%未満になると、液相線の上昇が大きくなり、チップ特性の変化・部材酸化の促進等の悪影響を生じる恐れがある。

【0032】

本発明のはんだ合金において、Agは、Alとともに、後述するAgAl金属間化合物を形成し、その粒子がBi中に分散することで、Biマトリックスの脆弱性を分散強化として改善する。

Agの含有量は、0.6~18質量%とする。Ag含有量が0.6質量%未満であると、AgAl化合物が十分に発生せずBiマトリックスの脆弱な機械的特性が支配的になり、伸びが十分改善されずに接合信頼性、はんだの機械加工性、装置による連続供給性を確保することが出来ない。

また、Agの含有量が18質量%を超えるとはんだの濡れ性が不良なため接合信頼性がなくなる。本発明において好ましいAgの含有量は、1~15質量%である。

【0033】

2. Al

本発明のBi基はんだ合金において、Alは、Bi-Agはんだの固相線温度を上昇させ、さらに、Bi系はんだ特有の脆弱な機械的特性を改善する。

Alの含有量は、0.1質量%以上、3質量%以下である。Alの含有量が0.1質量%未満であると、Bi-Ag固相線温度上昇が不十分で265以上にならず、再溶解による接合信頼性不良を発生する可能性があり、一方、3質量%超であると、液相線温度が上昇し、400以下の接合作業温度では濡れ不良が出現する。

Alの量は、Agの含有量に応じて決まり、すなわち、Ag-Al状態図では、5~33wt%Alの比率で、中間層相のAg₂Al金属間化合物、中間層μ相のAg₃Al金属間化合物が存在することから、Agの含有量の1/20~1/2とする。この範囲を外れると、はんだの濡れ性が不良で接合信頼性がなくなる。好ましいAlの量は、Agの含有量の1/15~1/4である。

【0034】

本発明のBi-Ag-Al系合金では、はんだ合金内にAgAl金属間化合物が粒子状で存在する。このAgAl金属間化合物粒子がBi中に分散することで、Biマトリックスの脆弱性を分散強化として改善する事ができる。ここで、AgAl金属間化合物とは、AgとAlを含む金属間化合物を指すが、AgまたはAl金属のいずれかの量が極めて少ない化合物や必須元素のSn又はZn、さらには任意元素のCu、P又はGeをも包含す

10

20

30

40

50

るものとする。

【0035】

AgAl金属間化合物を含む粒子は、粒径が50 μ mよりも小さいことが好ましい。また、粒径50 μ m未満のものが、粒子総体積に対して、97体積%以上であることが好ましく、98体積%以上であることがより好ましく、99体積%以上であることが特に好ましい。粒径50 μ m以上の粒子が3体積%以上になると、局部的に化合物による分散強化されずBiマトリックスの脆弱性が残り、その部分から破壊が起こり全体として脆弱性が改善されない恐れがあるからである。この場合には、接合信頼性不足や取扱い不良の原因になる。AgAl金属間化合物を含む粒子の粒径は、40 μ mよりも小さいことがより好ましく、30 μ mよりも小さいことが特に好ましい。

10

なお、AgAl金属間化合物を含む粒子は、光学顕微鏡観察によって析出粒子の大きさや分布状態を容易に判別することができる。粒径の測定は、各試片を200倍の光学顕微鏡で観察し、視野中の全金属間化合物を含む粒子の数を計数すると共に、粒子の断面径を測定し、その測定値を1.12倍して求められる。この粒径をもとにすべての金属間化合物粒子を真球として各金属間化合物粒子の体積を計算し、すべての粒子中の粒径50 μ m未満の粒子の割合が体積%で算出される。

【0036】

3. Sn、Zn

本発明のBi基はんだ合金は、添加元素として上記のほか、さらに、はんだの濡れ性を改善し、接合後の接合強度を高めるために、SnまたはZnのいずれか一種以上が添加されている。SnまたはZnは、Bi、Ag、Al元素より優先的に接合界面に移動し、Niなど接合界面の物質と反応層を形成するため、はんだの濡れ性を改善し、接合後の接合強度を高めることができるものと考えられる。

20

【0037】

SnまたはZnの含有量は、0.01~3質量%で、好ましくは0.05~2.0質量%で、より好ましくは0.1~1.5質量%である。SnまたはZnの添加量が3質量%を超えると、Snについては低融点層であるBi-Snがはんだ中に多く残留し使用時に低融点異常部が発生し、Znについては厚い酸化膜層を形成することにより濡れ性に悪影響を及ぼすことになり、また、Sn、Znの添加量が0.01質量%を下回ると、添加効果であるNiメッキへの濡れ性が不十分になるため好ましくない。

30

【0038】

4. Cu

本発明のBi基はんだ合金は、添加元素として上記のほか、さらに任意元素としてCuを含むことができる。CuはNiめっきとの反応を促進し、濡れ広がりを改善する効果がある。

【0039】

はんだ中のNiめっきへの拡散元素として、Alが優先的に移動し反応する事が多いが、はんだ中に添加されたCuが存在すると、Niめっき表面との間でCu原子とNi原子間で拡散移動が起こり、結果として濡れ広がりを改善する効果が得られる。

また、CuはBi-Ag-Al合金の液相線温度より高い温度で析出する元素のため最初に析出する初晶成分となり、後から析出するAg-Al化合物やマトリックスの結晶粒を微細に析出させる効果があり、全体として凝固組織の粗大化を抑制することができる。その結果、はんだの組織はCuを添加しない場合に比べて微細な凝固組織となり、クラックが発生しにくくなる。

40

Cuの添加量は0~1質量%である。Cuの添加量が1質量%を超えると、粗大な初晶成分として生成され熔融時の濡れ性が低下することがある。また、Cuの添加量が0.01質量%を下回ると、凝固組織の微細化に十分に寄与しなくなることがあるため、Cuの含有量は、0.01~1質量%がより好ましく、0.03~0.8質量%がさらに好ましい。

【0040】

50

本発明のはんだ合金は、実質的にPbを含まず、Bi、Ag、及びAlを主成分、かつSn又はZnを必須添加元素とし、さらに任意の添加元素として、P又はGeから選ばれる1種以上を含むことができる。P又はGeの含有量は、0.001~0.3質量%で、好ましくは0.01~0.1質量%である。

ここで実質的とは、不可避的な不純物として含みうることをいう。はんだ合金中には、Pb以外に、Te、Niなどの不可避不純物を、本発明のはんだ合金の性質に影響を及ぼすことのない範囲で含むことができる。

不可避不純物を含む場合、固相線温度や濡れ性、接合信頼性への影響を考慮して、総計が100ppm未満であることが望ましい。

【0041】

4. Bi基はんだ合金の製造

本発明のBi基はんだ合金の製造方法は、特に限定されず、上記した各成分を用いて、従来公知の方法により製造することができる。

原料としては、はんだ合金内に粒径50 μ m未満の粒子(AgとAlとの金属間化合物)を形成するために、ショット形状または個片加工品の直径が5mm以下、特に3mm以下の微細なものを用いることが好ましい。

【0042】

この原料を溶解炉に入れ、原料の酸化を抑制するために窒素や不活性ガス雰囲気とし、500~600、好ましくは500~550で加熱溶解させる。このとき、溶解温度500以上の溶湯を鑄造する際に、例えば、内径が30mm以下で肉厚が10mm程度の円筒状の黒鉛製鑄型を使用することができる。金属が溶融しはじめたらよく攪拌し、局所的な組成のばらつきが起きないように十分に攪拌を続ける。攪拌時間は、装置や原料の量などによっても異なるが、1~5分間とすることが好ましい。

【0043】

その後、この鑄型の外側に熱伝導性の良い材料、例えばCuからなる冷やし金を密着させるか、望ましくは中空構造として冷却水を通水した冷やし金を密着させ、この鑄型に溶湯を流し込んだ後、組成にもよるが260程度まで3/s以上、より好ましくは20/s以上の冷却速度で速やかに冷却固化させることが望ましい。このような方法によって、ほとんどの析出粒子の粒径が50 μ m未満であるはんだ材の鑄塊を、確実に安定して作製することができる。

また、生産性を考慮して連続鑄造法を用いる場合には、連続鑄造してできる鑄塊の断面積が小さくなる形状とすることが好ましい。例えば、内径が30mm以下のダイスを用い、且つ溶湯を短時間で冷却固化させるために、ダイスを水冷ジャケットで覆って50/s以上の冷却速度で冷却することが望ましい。

【0044】

こうして得られる本発明のBi基はんだ合金は、Pbを実質的に含まず、固相線温度265以上、液相線温度390以下であることにより、基板に実装後も再熔融することなく電子部品内部のはんだの初期形状を保つことができる。

固相線温度は、示差走査熱量測定装置(DSC)を用いて測定され、265以上、好ましくは267以上、より好ましくは268以上である。また、液相線温度は、示差走査熱量測定装置(DSC)測定及び溶融試験を用いて確認され、390以下、好ましくは380以下、より好ましくは360~380である。

【0045】

また、本発明のBi基はんだ合金は、機械的強度、機械加工性および接合信頼性に優れたものである。

本発明のBi基はんだ合金は、伸び率が、好ましくは15~50%、より好ましくは20~45%である。なお、伸び率及び引張強度は、例えば0.75mmに押し出し加工を行い、ワイヤー形状のプリフォームはんだを作製した後、引張試験機(テンシロン万能試験機)により測定される。

【0046】

10

20

30

40

50

5. 電子部品のボンディング方法および電子部品実装基板

本発明のBi基はんだ合金は、電子部品のボンディング方法に使用され、電子部品実装基板を容易に製造することができる。

【0047】

一例として、図1に、本発明のBi基はんだ合金を用いた電子部品の半導体パッケージの断面図を示した。この半導体パッケージは、リードフレームアイランド部4中央の表面に本発明のBi基はんだ合金3を塗布し半導体チップ1を載せ、はんだ付け(ダイボンディング)された後、半導体チップ1上の電極2がボンディングワイヤ6を介してリードフレーム5に接続され、そして、それらの全体がリードフレーム5の外周部を除きモールド樹脂7で覆われる。

10

【0048】

本発明のはんだ合金3が塗布されるリードフレームアイランド部4には、一般にAgメッキが施されるが、費用を低減させるために、Agメッキ処理がなされない場合があり、ベアCuフレームと称されている。また、Agめっきの代わりに、はんだとの反応性を制御できるメッキとしてNiメッキ処理が行われており、車載関連で多用されている。

【0049】

Niは、はんだ中のSnやZnと優先的に反応するが、その反応速度はAgやCuと比べ遅い。さらにBiやPbには殆ど溶け込まない。そのためNiメッキの濡れ広がり、ベアCuフレームよりも低下する傾向にあるが、信頼性試験での温度サイクル試験等で接合界面反応層の成長が抑制されることもあり、長期信頼性が高いとされている。しかし、Niメッキは、濡れ広がりが良いとは言えないので、条件出し等で適切な条件を設定する必要があった。

20

すなわち、はんだ合金3がリードフレームアイランド部4に塗布されると、濡れ広がりAgメッキやベアCuよりも濡れ広がりが悪くなり、接合不足により接合強度が低下する。

ところが、本発明では、はんだ合金にSn又はZnが添加されているために、濡れ性の低下による接合強度の低下が抑制される。前記のとおり、AgはAlと金属間化合物をつくりながら金属反応をおこし、さらに溶融したBiとも共晶組成となり、はんだ中に溶け込んでいく。このとき、はんだ合金にSn、Znのいずれかが含有されていると、はんだとNiリードフレームの接合強度がしっかりと確保される。これは、Niメッキは前述のとおりBiとは合金反応をほとんど起こさないが、はんだ中にSnやZnがNiと優先的に反応を始めるため、接合部全面とも接合性が保たれる。接合がしっかりと確保されていないと、温度サイクル試験等の信頼性試験時に未接合部周辺から応力集中によるクラックが発生・進展し信頼性が得られないが、本発明のはんだ合金とNiメッキの間では接合性および信頼性をしっかりと保つ事が出来る。

30

すなわち、本発明の電子部品のボンディング方法では、Bi基はんだ合金を使用して、銅材表面にNiメッキ層が形成されている実装基板に電子部品をボンディングすることが好ましい。

はんだ付け(ダイボンディング)された半導体チップ1は、基板へ実装される際、リフロー温度の260℃付近に加熱されるが、本発明のBi基はんだ合金の固相線温度が265℃以上なので、電子部品は、チップ特性の変化や部材酸化が発生せず、機械的強度を維持することができる。

40

【0050】

すなわち、本発明の電子部品実装基板は、前記Bi基はんだ合金を用いて、リフロー作業ピーク温度を260℃~265℃として電子部品を実装したものである。なお、電子部品実装用の基板としては、従来公知の基板を用いることができ、セラミックが一般的であるが、プリント基板やSi基板を用いることもできる。

【実施例】

【0051】

本発明を実施例により、さらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定され

50

るものではない。なお、実施例で用いた測定方法、評価方法は、以下の通りである。

【0052】

1. 測定方法、評価方法

(1) 固相線温度、液相線温度

示差走査熱量測定装置(DSC)を用いて測定した。

(2) 引張強度、伸び率

まず、表1に示される各成分組成のBi合金を後述する方法により大気溶解炉を用いて溶製し、0.75mmに押し出し加工を行い、ワイヤー形状のプリフォームはんだサンプルを作製した。

得られたはんだワイヤー0.75mmを所定の長さに切断して引張強度測定用の試験サンプルとした。これを引張試験機(装置名:テンシロン万能試験機)にセットし、自動測定で引張強度及び伸び率を測定した。

10

【0053】

(3) AgAl金属間化合物の観察と粒子径

まず、表1に示される各成分組成のBi合金を用意し大気溶解炉を用いて溶製し、0.75mmに押し出し加工を行い、ワイヤー形状のプリフォームはんだサンプルを作製した。

得られた0.75mmワイヤーを樹脂に埋め込み、断面研磨を行った。これを常温の硝酸水溶液(硝酸濃度20%)に5秒間浸漬してエッチングすることにより、断面の合金組織観察を行うための試片とした。

20

この試片は、主元素のBi母相は腐食して黒く見える一方、金属間化合物等の析出粒子は白く光って見えるため、光学顕微鏡観察によって析出粒子の大きさや分布状態を容易に判別することができる。各試片を200倍の光学顕微鏡で観察し、視野中の全金属間化合物を含む粒子の数を計数すると共に、粒子の断面径を測定し、その測定値を1.12倍したものを粒径とした。この粒径をもとにすべての金属間化合物粒子を真球として各金属間化合物粒子の体積を計算し、全粒子中の粒径50μm未満の粒子割合を体積%で算出した。

【0054】

(4) 濡れ性

ダイボンダー(NECマシナリー製、CPS-400)を窒素雰囲気中・390に設定し、前記(2)(i)で得られた0.75mmサンプルをセットし、Niメッキ付き銅製リードフレームに供給した。その後、シリコンチップのダイボンディング面にAuを蒸着して作成したダミーチップをNiメッキ付き銅製リードフレームにダイボンディングした。

30

その際、はんだ濡れ性評価として、チップ辺からのはんだのはみ出しが無かった場合を「不良」、はみ出しがあった場合を「良」、より均一にはみ出しがあった場合を「優」と評価した。

【0055】

(5) 接合信頼性

上記のダミーチップをNiメッキ付き銅製リードフレームにダイボンディングしたサンプルをさらに、エポキシ樹脂でモールドした。モールドしたものをを用いて、まず260リフロー試験し、その後-50/150の温度サイクル試験を500サイクル(あるいは700サイクル)実施した。その後に樹脂を開封してダイボンディングによる接合部の観察を行った。

40

信頼性評価として、チップおよび接合部に割れの発生がない場合を「良」としてサイクル数を示し、接合不良や割れが発生した場合を「不良」と評価した。

【0056】

(実施例1~13)

(1) はんだ合金(プリフォームはんだ)の製造

まず、原料として、Bi、Ag、Al、Sn、Zn、P、Ge、Cu(各元素の純度:

50

99.99重量%以上)を準備した。原料は3mm以下のショット形状原料を用い、原料が大きな薄片やパルク状の場合は、溶解後の合金においてサンプリング場所による組成のバラツキがなく均一になるように留意しながら切断、粉碎等を行い、3mm以下の大きさに細かくした。次に、高周波溶解炉用グラファイト坩堝に、これら原料から所定量を秤量して入れた。

次に、原料の入った坩堝を高周波溶解炉に入れ、酸化を抑制するために窒素を原料1kg当たり0.7L/分以上の流量で流した。この状態で溶解炉の内部を500まで5/sの昇温速度で加熱し、原料を加熱溶融させた。金属が溶融しはじめたら攪拌棒でよく攪拌し、局所的な組成のばらつきが起きないように3分間攪拌を行った。十分溶融したことを確認した後、高周波電源を切り、速やかに坩堝を取り出し、坩堝内の溶湯をはんだ母合金の鋳型に流し込んだ。

10

鋳型には、内径が30mm以下で肉厚が10mm程度の円筒状の黒鉛製鋳型を使用し、この鋳型の外側に熱伝導性の良い材料(Cuからなり、中空構造として冷却水を通水した冷やし金)を密着させ、この鋳型に溶湯を流し込んだ後、組成にもよるが260程度まで5/sの冷却速度で速やかに冷却固化させた。

得られた固化物の一部をサンプルとして、はんだ合金内に形成された粒径50μm未満の粒子(AgとAlとの金属間化合物)の量を前記の方法で測定した。

その後、得られた固化物の残りを大気溶解炉に移して、下記条件で直径0.75mmに押し出し加工を行いワイヤー形状のプリフォームはんだを製造した。なお、すべての実施例において、ワイヤー形状への加工・巻取りが可能であった。

20

【0057】

(2)物性、性能試験

上記方法で得られたワイヤー形状のプリフォームはんだサンプルを用いて、固相線温度、液相線温度の測定、及び、AgAl金属間化合物を含む粒子径の観察及び測定を行った。

また、プリフォームはんだサンプルを、さらに、リードフレームにダイボンディングして、濡れ性を評価し、エポキシ樹脂でモールド後、サイクル試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表1に示す。

【0058】

(比較例1~14)

30

原料粉末を表2に示す組成となるように混合した以外は、実施例と同様にして、はんだ合金を製造した。得られた固化物の一部をサンプルとして、はんだ合金内に形成された粒径50μm未満の粒子(AgとAlとの金属間化合物)の量を前記の方法で測定した。ワイヤー形状のプリフォームはんだを製造した。なお、すべての比較例において、ワイヤー形状への加工・巻取りが可能であった。

また、得られたワイヤー形状のプリフォームはんだサンプルを用いて、固相線温度、液相線温度の測定、及び、AgAl金属間化合物を含む粒子径の観察及び測定を行った。

また、プリフォームはんだサンプルを、さらに、リードフレームにダイボンディングして、濡れ性を評価し、エポキシ樹脂でモールド後、サイクル試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表2に示す。

40

【0059】

【表 1】

	組成 (質量%)										融点(°C)		50 μm未満 粒子割合 (%)	濡れ性 (Niメッキ)	接合信頼性
	Bi	Ag	Al	Sn	Zn	Cu	P	Ge	固相	液相					
	実施例1	残部	0.6	0.1	—	0.01	—	—	—	269	269	269			
実施例2	残部	1	0.5	0.01	—	—	—	—	269	269	269	99.7	良	500サイクル	
実施例3	残部	5	1	—	0.3	—	—	—	269	300	300	98.9	良	500サイクル	
実施例4	残部	5	1	0.3	—	—	—	—	268	300	300	98.9	良	500サイクル	
実施例5	残部	15	1	—	3	—	0.001	—	265	360	360	98.3	優	500サイクル	
実施例6	残部	15	1	3	—	0.001	—	—	265	360	360	98.2	優	500サイクル	
実施例7	残部	15	3	0.5	0.5	0.01	—	—	267	380	380	97.3	良	700サイクル	
実施例8	残部	18	1	—	0.5	0.1	—	0.3	265	380	380	97.6	優	700サイクル	
実施例9	残部	18	0.9	0.5	—	0.1	0.3	—	265	380	380	97.7	優	700サイクル	
実施例10	残部	15	3	0.5	0.5	0.1	—	0.05	267	380	380	97.9	優	700サイクル	
実施例11	残部	15	3	0.5	0.5	0.1	0.05	—	267	380	380	97.2	優	700サイクル	
実施例12	残部	15	3	—	0.5	1	—	0.05	269	380	380	97.1	優	700サイクル	
実施例13	残部	15	3	0.5	—	1	0.05	—	267	380	380	97.2	優	700サイクル	

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

【表 2】

	組成 (質量%)										融点(°C)		50 μm未満 粒子割合 (%)	濡れ性 (Niメッキ)	接合信頼性
	Bi	Ag	Al	Sn	Zn	Cu	P	Ge	融点(°C)						
									固相	液相					
比較例1	残部	5	1	—	—	—	—	—	—	269	300	98.8	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例2	残部	5	1	—	0.005	—	—	—	—	269	300	98.8	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例3	残部	5	1	0.005	—	—	—	—	—	269	300	98.7	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例4	残部	15	1	—	4	—	—	—	—	262	360	96.4	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例5	残部	15	1	4	—	1.5	—	—	—	262	360	96.2	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例6	残部	0.5	0.1	—	0.01	—	—	0.3	—	262	262	99.3	良	500サイクル未満(割れ)	
比較例7	残部	0.6	0.05	—	0.01	—	—	0.3	—	262	262	99.2	良	500サイクル未満(割れ)	
比較例8	残部	15	0.5	—	0.01	—	—	—	0.001	262	360	98.3	良	500サイクル未満(割れ)	
比較例9	残部	5	3	0.01	—	—	—	0.001	—	269	390	96.6	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例10	残部	0.5	0.1	—	0.01	0.05	—	—	0.001	262	262	99.6	良	500サイクル未満(割れ)	
比較例11	残部	5	3	0.01	—	0.05	—	0.001	—	269	390	96.5	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例12	残部	18.5	1	—	0.01	—	—	—	0.001	262	400	97.6	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例13	残部	10	4	0.01	—	0.05	—	0.5	—	269	450	96.2	不良	500サイクル未満(接合不良)	
比較例14	残部	18	1	1	—	0.5	—	—	0.5	265	400	95.8	不良	500サイクル未満(接合不良)	

【0061】

3. 評価

実施例 1 ~ 13 では、表 1 に示したとおり Al が 0.1 ~ 3 質量%、Ag に対する Al の含有比 (X) が、 $1/20 < X < 1/2$ の範囲であり、実施例 4 の図 3 の場合で代表さ

10

20

30

40

50

れるように、それぞれ265以上の固相線温度が確認された。また、断面観察により、はんだワイヤー中の添加物や金属間化合物化した粒子の97%以上が、粒径50 μ m未満になっていることを確認した。さらに、実施例4の図5の場合で代表されるように、伸び率15%以上となり、脆弱性が改善されている事が確認できた。

また、実施例1~13では、SnまたはZnが添加されているので、濡れ広がり悪いNi面のリードフレームに対してもSnとZnがNiと界面反応を起こし、濡れ広がりが良好になっており、濡れ性が向上した。実施例1~6では、サイクル数の少ない500サイクルでチップおよび接合部に割れが発生せず、接合信頼性の評価結果は、「良」となった。これは、SnやZnを含むため濡れ広がりが確保されて、はんだ-リードフレーム間の接合強度がしっかりと確保され信頼性をしっかりと保つことが出来たためである。

10

実施例7~13では、SnまたはZnのほかにCuを含むため組織の微細化により信頼性が向上し、サイクル数の多い700サイクルの温度サイクル試験によっても、チップおよび接合部に割れが発生せず、接合信頼性の評価結果が「良」となった。

さらに、実施例5~6および実施例8~13では、SnやZnだけでなく更に濡れ広がりを良くするPやGeを添加しているため、濡れ広がりの悪いNi面のリードフレームに対してPやGeの効果もあり、SnとZnがNiと界面反応し、濡れ広がりが更に向上し、濡れ性の評価結果は、「優」となった。また機械的特性については実施例1~13の添加元素の範囲ではいずれも高い強度が得られ、ダイボンダーでの連続供給がワイヤーが折れる事無く実施できた。

次いで、モールドしたものの一部を基板に260で5回実装し、実装後のチップおよび接合部の異常の有無を調べた結果、いずれも異常は見られず、目立ったボイドも確認できなかった。よって、本発明に係るはんだで接合された部位は、リフロ-温度260に10秒間保持されることを5回程度経ても、溶融することなく保たれることを確認した。

20

【0062】

これに対して、比較例1~5では、表2に示したとおりSnやZnを含まないが、その含有量が必要含有量の上下限を外れており、Ag面リードフレームでは濡れ広がりが確保出来ていたが、濡れ広がりが確保しにくいNi面リードフレームに対しては十分濡れ広がらないサンプルがあった。これは添加量が少ない場合はNi面との反応が少なく濡れ不足になり、添加量が多い場合は粗大な粒子が形成され凝集力が濡れ広がりを阻害したと考えられる。

30

なお、従来のBi/2.5Ag共晶はんだ合金の固相線・液相線は、図2のように、Bi単体の融点271から下がり状態図通り262であり、濡れ性試験は「良」であっても、Alを含有しないため図4のように、8%程度の伸び率しか示さず、脆弱な特性のため接合信頼性は「不良」となった。

比較例6~14では、Bi、Ag、Alの含有量が必要含有量の上下限を外れているが、Agの含有量に対するAlの含有量の比が請求項1の範囲を外れており、配線の割れや接合不良が発生し、接合信頼性試験の結果が500サイクル未満であった。

【0063】

以上により、本発明に係るはんだ合金で接合された部位には、電子部品を基板に実装するためのリフロ-の際においても剥離及びボイド等は発生せず、Niめっきを施した電子部品の特性に問題は生じないといえる。

40

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明のBi基はんだ合金は、Pb/5Sn等の高温はんだの代替として、Niめっきフレーム基板用のプリフォームはんだやペーストはんだとして好適に用いることができ、パワーデバイスやパワーモジュール等の半導体パッケージのチップ接合等に特に好適に用いることができる。

【符号の説明】

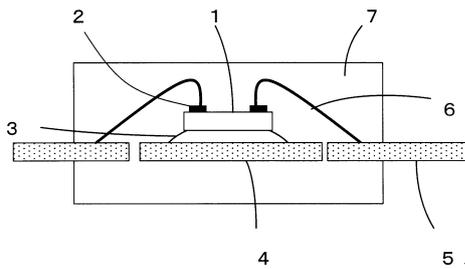
【0065】

1 チップ

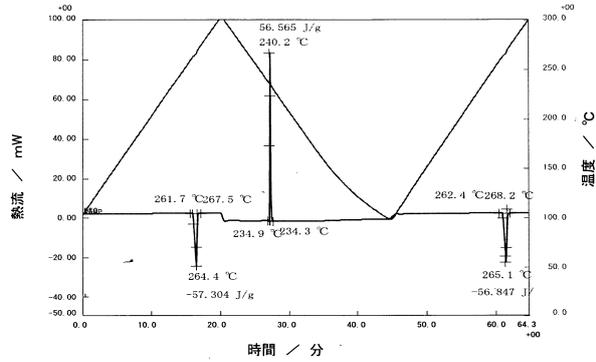
50

- 2 電極
- 3 はんだ
- 4 リードフレームアイランド部
- 5 リードフレーム
- 6 ボンディングワイヤ
- 7 モールド樹脂

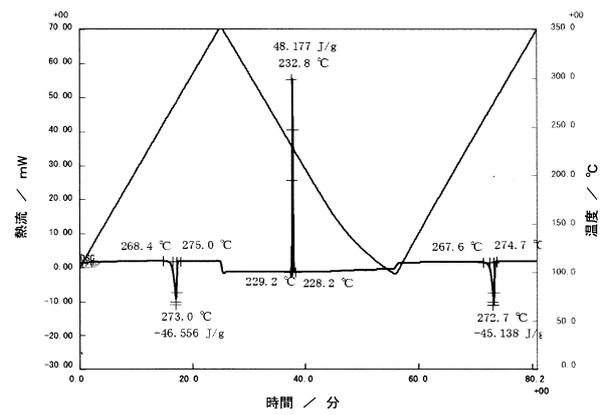
【図1】



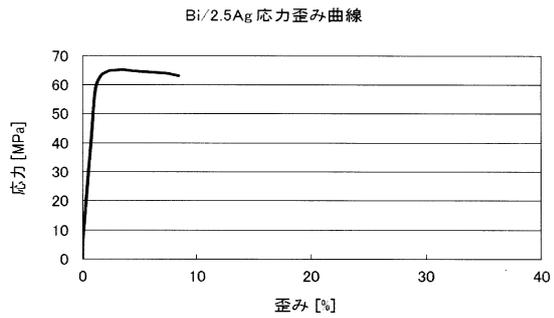
【図2】



【図3】

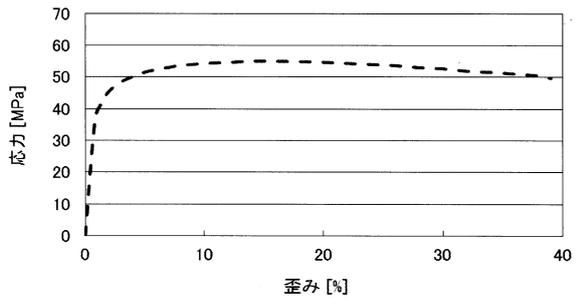


【図4】



【 図 5 】

Bi/5Ag/1Al/0.3Sn 応力歪み曲線



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 1 L</i>	<i>21/52</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>21/52</i>	<i>E</i>
<i>H 0 5 K</i>	<i>3/34</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 K</i>	<i>3/34</i>	
			<i>H 0 5 K</i>	<i>3/34</i>	<i>5 1 2 C</i>

(56)参考文献 特開2012-066270(JP,A)
特開2013-146765(JP,A)
国際公開第2010/150495(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 K	3 5 / 2 6
B 2 2 D	2 1 / 0 0
B 2 2 D	2 7 / 0 4
C 2 2 C	1 2 / 0 0