

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年3月26日(26.03.2015)



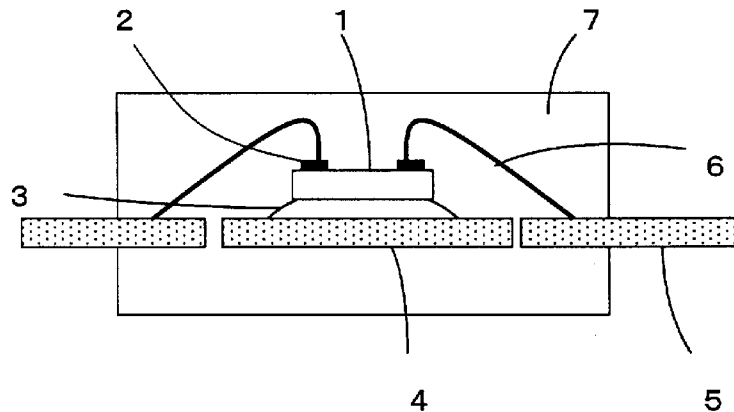
(10) 国際公開番号
WO 2015/041018 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 35/26 (2006.01) H01L 21/52 (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01) H05K 3/34 (2006.01)
C22C 12/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/072397
- (22) 国際出願日: 2014年8月27日(27.08.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-195305 2013年9月20日(20.09.2013) JP
特願 2013-221843 2013年10月25日(25.10.2013) JP
特願 2013-238722 2013年11月19日(19.11.2013) JP
- (71) 出願人: 住友金属鉱山株式会社 (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058716 東京都港区新橋五丁目1番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 永田 浩章 (NAGATA Hiroaki); 〒1988601 東京都青梅市末広町一丁目6番1号 住友金属鉱山株式会社 青梅事業所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 河備 健二 (KAWABI Kenji); 〒1700013 東京都豊島区東池袋三丁目9番7号 東池袋織本ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: Bi GROUP SOLDER ALLOY, METHOD FOR BONDING ELECTRONIC PART USING SAME, AND ELECTRONIC PART MOUNTING SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 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



(57) Abstract: Provided are a Bi group solder alloy containing a specific amount of Al in Bi-Ag, particles containing a metal compound of Ag and Al being dispersed within a solder alloy, a method for bonding an Ag-plated electronic part, a bare Cu frame electronic part, an Ni-plated electronic part, or the like using this Bi group solder alloy, and an electronic part mounting substrate. The Bi group solder alloy contains Ag and Al, does not contain a substantial amount of Pb, and has a Bi content of 80 mass% or greater, has a melting point solidus of 265°C or greater, and a liquidus of 390°C or less, wherein the Bi group solder alloy is characterized in that the Ag content is 0.6-18 mass%, the Al content is 0.1 to 3 mass%, Al constituting 1/20 to 1/2 of the Ag content, and particles containing an Ag/Al intermetallic compound are dispersed in the solder alloy.

(57) 要約: 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 Ag メッキ処理電子部品又はベア Cu フレーム電子部品あるいは Ni メッキ処理電子部品などのボンディング方法および電子部品実装基板の提供。 Ag と Al を含有し、実質的に Pb を含まず Bi の含有率が 80 質量%以上、かつ融点の固相線が 265°C 以上、液相線が 390°C 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%、また、Al の含有量が 0.1~3 質量%、かつ 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ることを特徴とする Bi 基はんだ合金などにより提供する。



WO 2015/041018 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

B i 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

技術分野

[0001] 本発明は、B i 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、P b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、機械加工性、機械的強度および接合信頼性に優れたB i はんだ合金、並びに、それを用いたA gメッキ処理電子部品、ベアC uフレーム電子部品あるいはN iメッキ処理電子部品などのボンディング方法および電子部品実装基板に関する。

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] 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S n / 37質量% P b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、P b / 5質量% S n（固相線温度305℃）、P b / 3質量% S n（固相線温度315℃）が用いられてきた。

[0004] しかし、鉛（P b）入りはんだを用いた製品は、廃棄処分後、製品からP bが流出して土壤に浸透し、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P b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。

[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] 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、実装時のリフロー温度（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℃を超える固相線を有することが必要であり、リフロー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℃より低くする必要があり、実際の生産工程を考慮すると、390℃以下であることが望ましく、さらには350℃以下であることが望ましい。

[0008] 265℃～390℃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/2.5質量%Ag共晶はんだ（融点262℃）は、Bi-Agはんだの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場合がある。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。

- [0010] 特許文献2には、Bi30～80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、再溶融の可能性はある。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250～300℃の高温はんだ材料を生産でき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℃でのリフロー時に再溶融が発生してしまう恐れがある。
- [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く、その改良が要請されていた。
- [0014] ところで、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。それは信頼性を調べる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。
- [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。

[0016] 一方で費用を低減させるために、リードフレームアイランド部に、これら A g メッキや N i メッキなどの処理がなされない場合がある。この処理はベア C u フレームと称されており、トランジスタ等の汎用デバイスで多用されているが、はんだの濡れ広がり重要とされている。

[0017] ところが、はんだ合金がベア C u フレームのリードフレームアイランド部に塗布されると、C u がはんだ中の特定元素、例えば S n と優先的に反応を始めるが、その表面に酸化膜があるために濡れ広がりの低下に影響を及ぼしやすい。しかも C u は、B i 系はんだ合金や P b 系はんだ合金には殆ど溶け込まないために、濡れ広がりが A g メッキよりも低下する傾向にある。すなわち、ベア C u フレームでは、表面の酸化が進行しやすく、表面粗さの影響ではんだ濡れ広がりが悪くなりやすいという課題があった。このように、はんだ合金には、ベア C u フレームへのボンディング時に濡れ広がり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

特許文献

- [0018] 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

[0019] 本発明の目的は、かかる従来技術の問題点に鑑み、P b 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、機械加工性、機械的強度および接合信頼性に優れたB i はんだ合金、並びにそれを用いたA g メッキ処理電子部品、ベアC u フレーム電子部品あるいはN i メッキ処理電子部品などのボンディング方法および電子部品実装基板を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0020] 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ることを見出し、本発明を完成させるに至った。

また、本発明者は、このBi-Ag-Alはんだ合金内にP又はGeを添加すると、ベアCuフレームへの濡れ広がりを向上させることができ、電子部品に対する十分な接合強度が得られること、さらには、Bi-Ag-Alはんだ合金内に、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メッキ処理をした場合にも、はんだの濡れ性が低下せず、電子部品に対する十分な接合強度が得られることも見出した。

[0021] すなわち、本発明の第1の発明によれば、AgとAlを含有し、実質的にPbを含まずBiの含有率が80質量%以上であり、かつ融点の固相線が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0.6～1.8質量%、また、Alの含有量が0.1～3質量%、かつ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ることを特徴とするBi基はんだ合金が提供される。

[0022] また、本発明の第2の発明によれば、AgとAlを含有し、実質的にPbを含まずBiの含有率が80質量%以上であり、かつ融点の固相線が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0.6～1.8質量%、また、Alの含有量が0.1～3質量%、かつ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、さらにPまたはGeの1種以上を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。

[0023] また、本発明の第3の発明によれば、A gとA lを含有し、実質的にP bを含まずB iの含有率が80質量%以上であり、かつ融点の固相線が265℃以上、液相線が390℃以下のB i基はんだ合金であって、A gの含有量が0.6~1.8質量%、また、A lの含有量が0.1~3質量%、かつA gの含有量の $1/20 \sim 1/2$ であり、はんだ合金内にA gとA lとの金属間化合物を含む粒子を分散させてなり、さらにS nまたはZ nの1種以上を0.01~3質量%含有することを特徴とするB i基はんだ合金が提供される。

[0024] また、本発明の第4の発明によれば、第1~3のいずれかの発明において、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B i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1~3のいずれかの発明において、A lの含有量がA gの含有量の $1/15 \sim 1/4$ であることを特徴とするB i基はんだ合金が提供される。

[0025] また、本発明の第6の発明によれば、第1~3のいずれかの発明において、さらに、T e, N iまたはC uから選ばれる1種以上を0.01~1質量%含有することを特徴とするB i基はんだ合金が提供される。

また、本発明の第7の発明によれば、第3の発明において、さらにPまたはG eの1種以上を0.001~0.3質量%含有することを特徴とするB i基はんだ合金が提供される。

[0026] また、本発明の第8の発明によれば、第1~3の発明において、はんだ合金の溶湯を鋳型に流し込んだ後、260℃まで3℃/sec以上の冷却速度で速やかに冷却固化させることで、A gとA lとの金属間化合物を含む粒子が合金内で分散されることを特徴とするB i基はんだ合金が提供される。

[0027] また、本発明の第9の発明によれば、第1~8のいずれかの発明に係るB i基はんだ合金を使用して、A gメッキ処理又はN iメッキ処理電子部品あるいはベアC uフレーム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。

[0028] また、本発明の第10の発明によれば、第1～8のいずれかの発明に係る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電子部品実装基板が提供される。

発明の効果

[0029] 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ので、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、PまたはGeのいずれか一種以上を含んでいると、はんだの濡れ性を改善し、接合時のボイド発生を低減させることができベアCuフレームに対する接合強度を低下させることがない。

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れば、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

[0030] [図1]図1は、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]図2は、従来のBi基はんだ合金 (Bi / 2.5 Ag) の融点測定結果を示すチャートである。

[図3]図3は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 3 Ag / 0.5 Al) の測定結果を示すチャートである。

[図4]図4は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 5 Ag / 1 Al / 0.05 Ge) の融点測定結果を示すチャートである。

[図5]図5は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 5 Ag / 1 Al / 0.3 Sn) の融点測定結果を示すチャートである。

[図6]図6は、従来のBi基はんだ合金 (Bi / 2.5 Ag) の引張試験結果を示すチャートである。

[図7]図7は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 3 Ag / 0.5 Al) の引張試験結果を示すチャートである。

[図8]図8は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 5 Ag / 1 Al / 0.05 Ge) の引張試験結果を示すチャートである。

[図9]図9は、本発明の一例であるBi基はんだ合金 (Bi / 5 Ag / 1 Al / 0.3 Sn) 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

[0031] 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Agメッキ処理電子部品又はベアCuフレーム電子部品あるいはNiメッキ処理電子部品などのボンディング方法および電子部品実装基板に関する。

[0032] 1. Bi基はんだ合金の成分と組成

(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。

[0033] 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。

[0034] また、従来のBi-Agはんだは、図6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。

[0035] 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。

[0036] 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、基板に実装後も再熔融することなく、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、該はんだ合金を用いた電子部品のボンディング方法、得られる実装基板等について詳細に説明する。

[0037] 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。

[0038] 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して改善する。

A g の含有量は、0.6～1.8質量%とする。A g 含有量が0.6質量%未満であると、A g A l 化合物が十分に発生せずB i 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、A g の含有量が1.8質量%を超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A g の含有量は、1～1.5質量%である。

[0039] (2) A l

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

A l の含有量は、0.1～3質量%である。A l の含有量が0.1質量%未満であると、B i - A g 固相線温度上昇が不十分で265℃以上にならず、再溶融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。

A l の量は、A g の含有量に応じて決まり、すなわち、A g - A l 状態図では、5～33wt%A l の比率で、中間層と相のA g₂A l 金属間化合物、中間層μ相のA g₃A l 金属間化合物が存在することから、A g 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A l の量は、A g の含有量の1/15～1/4である。

[0040] 本発明のB i - A g - A l 系合金では、はんだ合金内にA g A l 金属間化合物が粒子状で存在する。このA g A l 金属間化合物粒子がB i 中に分散することで、B i マトリックスの脆弱性を分散強化して改善することができる。ここで、A g A l 金属間化合物とは、A g とA l を含む金属間化合物を指すが、A g またはA l 金属のいずれかの量が極めて少ない化合物や、後述する

Te, Ni, Cu, Sn, Zn, P又はGeなども包含するものとする。

[0041] 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、局所的に化合物による分散強化がされず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。

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、粒径50 μ m未満の粒子の割合が体積%で算出される。

[0042] (3) Te, Ni, Cu

本発明のBi基はんだ合金は、任意添加元素として、Te、Ni、またはCuから選ばれる一種以上を含むことができる。TeまたはNi, 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、はんだ合金内において、最初に析出する初晶成分となり、後から析出するAg-AI金属間化合物やマトリックスの結晶粒(粒子)を微細に析出させる効果がある。

その結果、はんだ合金全体として凝固組織の粗大化が抑制され、はんだの組織は、TeまたはNi, 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。

[0043] Te, Ni, またはCuの含有量は、好ましくは0.01~1質量%、よ

り好ましくは0.05～0.8質量%である。Te、Ni、またはCuの添加量が1質量%を超えると、粗大な初晶成分として、生成されることがあり、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からである。

[0044] 本発明のはんだ合金は、Agメッキ処理電子部品用として使用するのが好ましく、実質的にPbを含まず、Bi、Ag及びAlを必須添加成分とし、さらに任意の添加成分として、Te、Ni、Cuのいずれかを含むことができる。ここで実質的には、不可避的な不純物として含むことをいう。はんだ合金中には、Pb以外にSb、Te等の不可避不純物を、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。

[0045] (4) P、Ge

本発明のBi基はんだ合金は、ベアCu電子部品用の場合、添加元素として上記Bi、Ag、及びAlのほか、さらに、PまたはGeのいずれか一種以上を含むようにする。PまたはGeは、はんだの濡れ性を改善し、接合時のボイド発生を低減させるために添加する。P、Geを添加すると、P、Geが優先的に酸化され、はんだ表面の酸化が抑制されるため、はんだの濡れ性を改善し、接合時のボイド発生を低減できる。

[0046] P、Geの添加量は、0.001～0.3質量%である。P、Geの添加量が0.3質量%を超えると、P、Geが多くの酸化物を形成することになり、濡れ性に悪影響を及ぼすことになる。また、P、Geの添加量が0.001質量%を下回ると、添加効果が不十分になる。PまたはGeの含有量は、0.003～0.1質量%が好ましく、0.005～0.05質量%がより好ましい。

[0047] 本発明のBi基はんだ合金は、ベアCu電子部品用の場合、さらに任意成分として前記(3)のCuを含むことが好ましい。CuはベアCuフレームとの反応を促進し、濡れ広がり改善する効果がある。

はんだ中のベアCuフレーム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、ベアCuフレーム表面との間でCu原子同士での拡散移動が起こり、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。

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。

[0048] (5) Sn、Zn

本発明のBi基はんだ合金は、Niメッキ処理電子部品用の場合、前記Bi、Ag、Al元素のほか、さらに添加元素として、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を添加する。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。

[0049] SnまたはZnの含有量は、0.01～3質量%であり、好ましくは0.05～2.0質量%、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る。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。

[0050] 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前記(3)のCuを含むことが好ましい。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。

[0051] 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。

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溶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。

[0052] 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、Niメッキ処理電子部品用の場合、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。P、Geの添加量が0.3質量%を超えると、P、Geが多く酸化物を形成することになり、濡れ性に悪影響を及ぼすことになる。また、P、Geの添加量が0.001質量%を下回ると、添加効果が不十分になる。PまたはGeの含有量は、0.003~0.1質量%が好ましく、0.005~0.05質量%がより好ましい。

[0053] 2. 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、Agメッキ処理電子部品用の場合、上記したBi、Ag、Alを必須とし、ベアCu電子部品用の場合、P又はGeを添加し、またNiメッキ処理電子部品用の場合、Bi、Ag、Alを必須とし、さらにSnまたはZnを添加した各原料成分を用いて、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。

[0054] 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 $^{\circ}$ C、好ましくは500～550 $^{\circ}$ Cで加熱溶融させる。このとき、溶解温度500 $^{\circ}$ C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。金属が溶融し始めたら良く攪拌し、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。

[0055] 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 $^{\circ}$ C程度まで3 $^{\circ}$ C/sec以上、より好ましくは20 $^{\circ}$ C/sec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 $^{\circ}$ C/sec以上の冷却速度で冷却することが望ましい。

[0056] こうして得られる本発明のB i 基はんだ合金は、P b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、基板に実装後も再溶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。

[0057] また、本発明のB i 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るものである。

本発明のB i 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0.75mmφ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作した後、引張試験機(テンシロン万能試験機)により測定される。

[0058] 3. 電子部品のボンディング方法

本発明のB i 基はんだ合金は、Agメッキ処理電子部品、ベアCuフレーム電子部品あるいはNiメッキ処理電子部品など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。

[0059] (1) Agメッキ処理電子部品へのボンディング

図1に、本発明のB i 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B i 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。

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、Agメッキが施されており、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ので、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することがない。

[0060] (2) ベアCuフレーム電子部品へのボンディング

一方、リードフレームアイランド部4にAgメッキやNiメッキなどの処理をしないベアCuフレームでは、はんだの濡れ広がりが重要である。しかし、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、Cuがはんだ中の特定元素、例えばAgと優先的に反応を始めるが、その表面に酸化膜があるために濡れ広がりの低下に影響を及ぼしやすい。しかもCuはBiやPbには殆ど溶け込まないために、濡れ広がりはAgメッキよりも低下する傾向にある。すなわち、ベアCuフレームでは、表面の酸化が進行しやすく、表面粗さの影響ではんだ濡れ広がりが悪くなりやすいという課題があった。

[0061] これに対して本発明では、ベアCuフレーム電子部品用はんだ合金にP又はGeが添加されているために、濡れ性の低下が抑制される。すなわち、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、はんだ合金中のP、Geによって金属間化合物の組織が微細になり、さらにベアCuフレームでの濡れ広がりが向上する。また、P、Geが優先的に酸化され、はんだの表面の酸化が抑制されるため、はんだの濡れ性を改善し、接合時のボイド発生が低減する。

すなわち、本発明の電子部品のボンディング方法によれば、Bi基はんだ合金を使用して、Cu材表面にメッキによるAg層やNi層が形成されていないベアCuフレームの実装基板に電子部品をボンディングすることができる。

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。

[0062] (3) Niメッキ処理電子部品へのボンディング

図1の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、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ることがあり、車載関連で多用されている。

[0063] 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、濡れ広がりが良くないので、条件出し等で適切な条件を設定する必要があった。

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、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。

[0064] ところが、本発明で、はんだ合金にSn又はZnを添加すると、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、はんだ合金中のSn、またはZnにより、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、はんだ中のSnやZnがNiと優先的に反応を始めるためであり、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。

すなわち、本発明の電子部品のボンディング方法によれば、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できる。

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。

[0065] 4. 電子部品実装基板

本発明の電子部品実装基板は、前記各種の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

[0066] 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。

[0067] (1) 固相線温度、液相線温度

固相線温度、液相線温度は、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、0.75mmφ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。

得られたワイヤー状はんだ0.75mmφ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。

[0068] (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、0.75 mm φ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0.75 mm φ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。

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が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50 μm未満の粒子割合を体積%で算出した。

[0069] (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）で得られた0.75 mm φサンプルをセットし、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リードフレームにダイボンディングした。

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。

[0070] (5) 接合信頼性

上記のダミーチップを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。

信頼性は、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。

[0071] (実施例 1 ~ 11)

(1) Agメッキ処理電子部品用はんだ合金（プリフォームはんだ）の製造
まず、原料として、Bi、Ag、Al、Te、Cu、Ni（各元素の純度：99.99重量%以上）を準備した。原料は3mmφ以下のショット形状原料を用い、原料が大きな薄片やバルク状の場合は、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℃/sec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鑄型に流し込んだ。

鑄型には、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し、この鑄型の外側に熱伝導性の良い材料（銅からなり、中空構造として冷却水を通水した冷やし金）を密着させ、この鑄型に溶湯を流し込んだ後、組成にもよるが260℃程度まで5℃/secの冷却速度で速やかに冷却固化させた。

なお、実施例4は、ダイスの周りに水冷ジャケットを備えた連続鑄造機を用いており、原料を加熱溶融後に溶融物を冷却速度約60℃/secで冷却した。

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。

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0.75 mm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。

[0072] (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、Ag-AI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、Agメッキリードフレームにダイボンディングして、濡れ性評価をし、エポキシ樹脂でモールド後、温度サイクル試験及びリフロー試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表1に示す。

[0073] (比較例1～4)

原料を表1に示す組成となるように混合した以外は、実施例1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50 μm未満の粒子(AgとAI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、Ag-AI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、Agメッキリードフレームにダイボンディングして、濡れ性評価をし、エポキシ樹脂でモールド後、温度サイクル試験及びリフロー試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表1に示す。

[0074]

[表1]

| | 組成(質量%) | | | | | | 融点 (固相) | 融点 (液相) | 伸び | 50 μm未満 粒子割合 | 濡れ性 (Agメッキ) | 接合 信頼性 |
|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|-----|-----------------|----------------|-------------------------|
| | Bi | Ag | Al | Te | Ni | Cu | | | | | | |
| 実施例1 | 残部 | 0.6 | 0.1 | - | - | - | 269℃ | 269℃ | 16% | 99.7% | 良 | 500サイクル |
| 実施例2 | 残部 | 1 | 0.5 | - | - | - | 269℃ | 269℃ | 25% | 99.1% | 良 | 500サイクル |
| 実施例3 | 残部 | 3 | 0.5 | - | - | - | 269℃ | 269℃ | 36% | 99.4% | 良 | 500サイクル |
| 実施例4 | 残部 | 5 | 1 | - | - | - | 269℃ | 300℃ | 39% | 98.8% | 良 | 500サイクル |
| 実施例5 | 残部 | 15 | 1 | - | - | - | 265℃ | 360℃ | 30% | 98.2% | 良 | 500サイクル |
| 実施例6 | 残部 | 15 | 3 | - | - | - | 269℃ | 380℃ | 32% | 97.5% | 良 | 500サイクル |
| 実施例7 | 残部 | 18 | 2 | - | - | - | 267℃ | 380℃ | 30% | 97.2% | 良 | 500サイクル |
| 実施例8 | 残部 | 3 | 0.5 | 0.1 | - | - | 269℃ | 269℃ | 36% | 99.7% | 良 | 700サイクル |
| 実施例9 | 残部 | 3 | 0.5 | - | 0.1 | - | 269℃ | 269℃ | 37% | 99.6% | 良 | 700サイクル |
| 実施例10 | 残部 | 3 | 0.5 | - | - | 0.1 | 269℃ | 269℃ | 37% | 99.6% | 良 | 700サイクル |
| 実施例11 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.5 | 0.5 | 269℃ | 380℃ | 34% | 98.3% | 良 | 700サイクル |
| 比較例1 | 残部 | 3 | 4 | - | - | - | 269℃ | 450℃ | 38% | 96.1% | 不良 | 500サイクル 未満 (接合不良) |
| 比較例2 | 残部 | 20 | 1 | - | - | - | 262℃ | 400℃ | 18% | 94.8% | 不良 | 500サイクル 未満 (接合不良) |
| 比較例3 | 残部 | 2.5 | - | - | - | - | 262℃ | 262℃ | 8% | 99.6% | 良 | 500サイクル 未満 (割れ) |
| 比較例4 | 残部 | 2.5 | 0.1 | - | - | - | 262℃ | 262℃ | 12% | 99.6% | 良 | 500サイクル 未満 (割れ) |

[0075] 「評価」

実施例1～7では、Al 0.1～3質量%、Agに対するAlの含有比(X)が、 $1/20 \leq X \leq 1/2$ の範囲であり、実施例3の図3の場合で代表されるように、それぞれ265℃以上の固相線温度が確認された。また、実施例1～5では、実施例3の図7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。さらに、Alを0.5質量%以上含む実施例2～5では、伸び率が30%を超え、接合信頼性・はんだの機械加工性・装置による連続供給性に非常に優れるといえる。

[0076] また、実施例1～7については、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 μm未満になっていることを確認した。実施例4については、冷却速度が他よりも早いため、20 μm前後の粒子がほとんどで他よりも微細な粒子となっていた。濡れ性が良好であり、温度サイクル試験(500サイクル)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は、「良」となった。なお、ダイボンダーでの連続供給について、問題なく実施できた。

[0077] さらに、実施例1～7については、プリント基板等の実装基板に実装後、260℃10秒のリフロー試験を5回実施し、リフロー試験後のチップおよび接合部の異常の有無を調べた。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、本発明のAgメッキ処理電子部品用はんだ合金で接合された部位は、リフロー温度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。

[0078] さらに、実施例8～10では、実施例1と同量のBi、Ag、Alを含むことに加えて、さらに、Te、Ni、Cuのいずれかを添加したものである。また実施例11では、実施例6と同量のBi、Ag、Alを含むことに加えて、さらに、NiとCuの両方を添加したものである。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50μm未満になっていることを確認した。いずれも濡れ性が良好であり、温度サイクル試験（700サイクル）及びリフロー試験によっても、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は、「良」となった。なお、ダイボンダーでの連続供給について、問題なく実施できた。

[0079] 一方、比較例1は、Alの含有量が必要含有量を上回るため、390℃における濡れ性試験で「不良」が発生し、温度サイクル試験により、チップまたは接合部に割れが発生し、接合信頼性の評価結果も「不良」となった。また、比較例2もAg含有割合が高く、さらに、Agに対するAlの含有比(X)が、 $1/20 \leq X \leq 1/2$ の範囲から外れるため、265℃を超える固相線温度とならなかった。比較例3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」であったが、Alを含有しないため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。また、比較例4は、濡れ性試験は「良」であったが、Alの含有量が必要含有量を下回るため12%の伸び率しか示さず、脆弱な特性のため、

温度サイクル試験により、チップまたは接合部に割れが発生し、接合信頼性の評価結果が「不良」となった。

[0080] 以上により、本発明のA gメッキ処理電子部品用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ーの際においても剥離及びボイド等は発生せず、電子部品の特性に問題は生じないといえる。

[0081] (実施例12～24)

(1) ベアC u電子部品用はんだ合金（プリフォームはんだ）の製造

原料として、B i、A g、A l、P、G e、C u（各元素の純度：99.99重量%以上）を用いた以外は、前記実施例1～11と同様にして、ワイヤー形状のプリフォームはんだを製造した。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。

(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、A g－A l金属間化合物を含む粒子径の観察及び測定を行った。その後、プリフォームはんだサンプルを、さらにC u製リードフレームにダイボンディングして、濡れ性評価をし、エポキシ樹脂でモールド後、温度サイクル試験及びリフロー試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表2に示す。

[0082] (比較例5～16)

原料を表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。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、A g－A l金属間化合物を含む粒子径の観察及び測定を行った。その後、プリフォームはんだサンプルを、さらにC u製リードフレームにダイボンディングして、濡れ性評価をし、エポキシ樹脂でモールド後、温度サイクル試験及びリフロー試験を行い、接合信頼性を評価した。これらの結果を、表2に示す。

[0083] [表2]

| | 組成(質量%) | | | | | | 融点(°C) | | 50 μ m 未満 粒子割合(%) | 濡れ性 (Cu 面) | 接合信頼性 |
|--------|---------|-----|------|-------|--------|------|--------|-----|--------------------------|---------------|----------------------|
| | Bi | Ag | Al | P | Ge | Cu | 固相 | 液相 | | | |
| 実施例 12 | 残部 | 0.6 | 0.1 | - | 0.001 | - | 269 | 269 | 99.7 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 13 | 残部 | 1 | 0.5 | 0.001 | - | - | 269 | 269 | 99.7 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 14 | 残部 | 5 | 1 | - | 0.05 | - | 269 | 300 | 98.9 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 15 | 残部 | 5 | 1 | 0.05 | - | - | 269 | 300 | 98.9 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 16 | 残部 | 15 | 1 | - | 0.1 | - | 265 | 360 | 98.3 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 17 | 残部 | 15 | 1 | 0.1 | - | - | 265 | 360 | 98.2 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 18 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.3 | 0.5 | 269 | 380 | 97.3 | 良 | 700 サイクル |
| 実施例 19 | 残部 | 18 | 1 | 0.3 | - | 0.5 | 265 | 380 | 97.6 | 良 | 700 サイクル |
| 実施例 20 | 残部 | 18 | 0.9 | 0.05 | - | - | 265 | 380 | 97.7 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 21 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.3 | 0.01 | 269 | 380 | 97.8 | 良 | 700 サイクル |
| 実施例 22 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.3 | 1 | 269 | 380 | 97.1 | 良 | 700 サイクル |
| 実施例 23 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.3 | 1.5 | 269 | 380 | 96.8 | 良 | 500 サイクル |
| 実施例 24 | 残部 | 15 | 3 | - | 0.3 | 0.05 | 269 | 380 | 97.9 | 良 | 500 サイクル |
| 比較例 5 | 残部 | 5 | 1 | - | - | - | 269 | 300 | 98.8 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 6 | 残部 | 5 | 1 | - | 0.0005 | - | 269 | 300 | 98.8 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 7 | 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 8 | 残部 | 15 | 1 | - | 0.4 | - | 265 | 360 | 95.6 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 9 | 残部 | 15 | 1 | 0.4 | - | 1.5 | 265 | 360 | 94.2 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 10 | 残部 | 0.5 | 0.1 | - | 0.001 | - | 262 | 262 | 99.8 | 良 | 500 サイクル未満 (割れ) |
| 比較例 11 | 残部 | 0.6 | 0.05 | - | 0.001 | - | 262 | 262 | 99.7 | 良 | 500 サイクル未満 (割れ) |
| 比較例 12 | 残部 | 15 | 0.5 | - | 0.001 | - | 262 | 360 | 98.3 | 良 | 500 サイクル未満 (割れ) |
| 比較例 13 | 残部 | 5 | 3 | 0.001 | - | - | 269 | 390 | 96.6 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 14 | 残部 | 0.5 | 0.1 | - | 0.001 | 0.05 | 262 | 262 | 99.6 | 良 | 500 サイクル未満 (割れ) |
| 比較例 15 | 残部 | 5 | 3 | 0.001 | - | 0.05 | 269 | 390 | 96.5 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |
| 比較例 16 | 残部 | 20 | 0.9 | - | 0.001 | - | 262 | 400 | 97.6 | 不良 | 500 サイクル未満 (接合不良) |

[0084] 「評価」

実施例 12～24 では、Al 0.1～3 質量%、Ag に対する Al の含有比 (X) が、 $1/20 \leq X \leq 1/2$ の範囲であり、実施例 14 の図 4 の場合で代表されるように、それぞれ 265°C 以上の固相線温度が確認された。また、実施例 12～22、24 については、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12～17、20では、実施例14の図8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。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、PやGeを含むため濡れ広がり確保されて、信頼性が向上したためと考えられる。

実施例18～19および実施例21～22では、PまたはGeのほかにCuを含むため濡れ広がりが一層確保されて、Cuが0.01～1.0%であればサイクル数の多い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。

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、本発明のベアCu電子部品用はんだで接合された部位は、リフロー温度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。

[0085] また、本発明の範囲から外れる比較例5～9は、PやGeを含まないか、その含有量が必要含有量の上下限を外れており、390℃における濡れ性試験でベアCuフレームに対しては濡れ広がり不足となり、濡れ性試験・信頼性試験の評価結果は、「不良」となった。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6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。

また、比較例10～11では、本発明の範囲内でGeを添加することで濡れ性は良好となったが、AgまたはAlが本発明の範囲外であり、信頼性試験時にはんだ層に割れが発生してしまい500サイクルの評価で不合格となった。

比較例 12～13 は、本発明の範囲内で Bi、Ag、Al、および、P または Ge を配合したが、比較例 12 では、Ag に対する Al の配合量が 1/20 未満であり、信頼性試験時にはんだ層に割れが発生してしまい 500 サイクルの評価で不合格となり、比較例 13 では、Ag に対する Al の配合量が 1/2 を超えていたため、Al の偏析による濡れ不良が接合部の一部に発生し、接合不足の部位から割れが発生してしまい 500 サイクルの評価で不合格となった。

比較例 14 では、比較例 10 のはんだ合金に、本発明の範囲内で Cu を添加したが、はんだ層の割れは改善されず、500 サイクルの評価で不合格となった。比較例 15 では、比較例 13 のはんだ合金に、本発明の範囲内で Cu を添加したが、濡れ不良は改善されず、500 サイクルの評価で不合格となった。比較例 16 では、液相線が 400℃ であり、390℃ の接合温度では一部溶け残っている状態となり、濡れ広がり不足となった。しかも一部接合されていない面があり、500 サイクルの評価で不合格となった。

[0086] 以上により、本発明のベア Cu 電子部品用 Bi 基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ーの際においても剥離及びボイド等は発生せず、電子部品の特性に問題は生じないといえる。

[0087] (実施例 25～37)

(1) Niメッキ処理電子部品用はんだ合金（プリフォームはんだ）の製造原料として、Bi、Ag、Al、Sn、Zn、P、Ge、Cu（各元素の純度：99.99重量%以上）を用いた以外は、前記実施例 1～11 と同様にして、ワイヤー形状のプリフォームはんだを製造した。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。

[0088] (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、Niメッキリードフレー

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3に示す。

[0089] (比較例17~30)

原料粉末を表4に示す組成となるように混合した以外は、上記実施例と同様にして、はんだ合金を製造した。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、Ag₃Al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4に示す。

[0090]

[表3]

| | 組成(質量%) | | | | | | | Ge | 融点(°C) | 50 μm未満 粒子割合 (%) | 濡れ性 (Cu面) | 接合信頼性 | |
|-------|---------|-----|-----|------|------|------|-------|------|--------|------------------------|--------------|-------|---------|
| | Bi | Ag | Al | Sn | Zn | Cu | P | | | | | | 固相 |
| 実施例25 | 残部 | 0.6 | 0.1 | — | 0.01 | — | — | — | 269 | 269 | 99.7 | 良 | 500サイクル |
| 実施例26 | 残部 | 1 | 0.5 | 0.01 | — | — | — | — | 269 | 269 | 99.7 | 良 | 500サイクル |
| 実施例27 | 残部 | 5 | 1 | — | 0.3 | — | — | — | 269 | 300 | 98.9 | 良 | 500サイクル |
| 実施例28 | 残部 | 5 | 1 | 0.3 | — | — | — | — | 268 | 300 | 98.9 | 良 | 500サイクル |
| 実施例29 | 残部 | 15 | 1 | — | 3 | — | 0.001 | — | 265 | 360 | 98.3 | 優 | 500サイクル |
| 実施例30 | 残部 | 15 | 1 | 3 | — | — | 0.001 | — | 265 | 360 | 98.2 | 優 | 500サイクル |
| 実施例31 | 残部 | 15 | 3 | 0.5 | 0.5 | 0.01 | — | — | 267 | 380 | 97.3 | 良 | 700サイクル |
| 実施例32 | 残部 | 18 | 1 | — | 0.5 | 0.1 | — | 0.3 | 265 | 380 | 97.6 | 優 | 700サイクル |
| 実施例33 | 残部 | 18 | 0.9 | 0.5 | — | 0.1 | — | — | 265 | 380 | 97.7 | 優 | 700サイクル |
| 実施例34 | 残部 | 15 | 3 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | — | 0.05 | 267 | 380 | 97.9 | 優 | 700サイクル |
| 実施例35 | 残部 | 15 | 3 | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 0.05 | — | 267 | 380 | 97.2 | 優 | 700サイクル |
| 実施例36 | 残部 | 15 | 3 | — | 0.5 | 1 | — | 0.05 | 269 | 380 | 97.1 | 優 | 700サイクル |
| 実施例37 | 残部 | 15 | 3 | 0.5 | — | 1 | 0.05 | — | 267 | 380 | 97.2 | 優 | 700サイクル |

[表4]

| | 組成(質量%) | | | | | | | | Ge | P | Cu | Zn | Sn | Al | 融点(°C) | | 50μm未満 粒子割合 (%) | 濡れ性 (Cu面) | 接合信頼性 |
|-------|---------|------|------|-------|-------|----|----|----|-------|------|----|-----|-------|-----|--------|------|-----------------------|-----------------|-------|
| | Bi | Ag | Al | Sn | Zn | Cu | 固相 | 液相 | | | | | | | | | | | |
| 比較例17 | 残部 | 5 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 269 | 300 | 98.8 | 不良 | 500サイクル未満(接合不良) | |
| 比較例18 | 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19 | 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20 | 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21 | 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22 | 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23 | 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24 | 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25 | 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26 | 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27 | 残部 | 5 | 3 | 0.01 | — | — | — | — | 0.001 | 0.05 | — | — | — | 269 | 390 | 96.5 | 不良 | 500サイクル未満(接合不良) | |
| 比較例28 | 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29 | 残部 | 10 | 4 | 0.01 | — | — | — | — | 0.5 | 0.05 | — | — | — | 269 | 450 | 96.2 | 不良 | 500サイクル未満(接合不良) | |
| 比較例30 | 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) | |

[0092] 「評価」

実施例25～37では、表3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、 $1/20 \leq X \leq 1/2$ の範囲であり、実施例28の図5の場合で代表されるように、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50μm未満になっていることを確認した。さらに、実施例28の図9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25～37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25～30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、はんだー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。

実施例31～37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29～30および実施例32～37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を添加しているので、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25～37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、本発明のNiメッキ処理電子部品用はんだで接合された部位は、リフロー温度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。

[0093] これに対して、比較例17～21では、表4に示したとおりSnやZnを含まないか、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確保出来ていたが、濡れ広がり確保しにくい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。

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6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22～30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か、Agの含有量に対するAlの含有量の比が本発明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。

[0094] 以上により、本発明のNiメッキ処理電子部品用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ー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。

産業上の利用可能性

[0095] 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、Agメッキ処理電子部品、ベアCuフレーム電子部品あるいはNiメッキ処理電子部品など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

- [0096]
- 1 チップ
 - 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

請求の範囲

- [請求項1] A g と A l を含有し、実質的に P b を含まず B i の含有率が 80 質量%以上であり、かつ融点の固相線が 265℃以上、液相線が 390℃以下の B i 基はんだ合金であって、
- A g の含有量が 0.6～1.8 質量%、また、A l の含有量が 0.1～3 質量%、かつ A g の含有量の $1/20 \sim 1/2$ であり、はんだ合金内に A g と A l との金属間化合物を含む粒子を分散させてなることを特徴とする B i 基はんだ合金。
- [請求項2] A g と A l を含有し、実質的に P b を含まず B i の含有率が 80 質量%以上であり、かつ融点の固相線が 265℃以上、液相線が 390℃以下の B i 基はんだ合金であって、
- A g の含有量が 0.6～1.8 質量%、また、A l の含有量が 0.1～3 質量%、かつ A g の含有量の $1/20 \sim 1/2$ であり、はんだ合金内に A g と A l との金属間化合物を含む粒子を分散させてなり、さらに P または G e の 1 種以上を 0.001～0.3 質量%含有することを特徴とする B i 基はんだ合金。
- [請求項3] A g と A l を含有し、実質的に P b を含まず B i の含有率が 80 質量%以上であり、かつ融点の固相線が 265℃以上、液相線が 390℃以下の B i 基はんだ合金であって、
- A g の含有量が 0.6～1.8 質量%、また、A l の含有量が 0.1～3 質量%、かつ A g の含有量の $1/20 \sim 1/2$ であり、はんだ合金内に A g と A l との金属間化合物を含む粒子を分散させてなり、さらに S n または Z n の 1 種以上を 0.01～3 質量%含有することを特徴とする B i 基はんだ合金。
- [請求項4] 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 50 μ m 未満であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の B i 基はんだ合金。
- [請求項5] A l の含有量が A g の含有量の $1/15 \sim 1/4$ であることを特徴

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6] さらに、Te、NiまたはCuから選ばれる1種以上を0.01～1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。

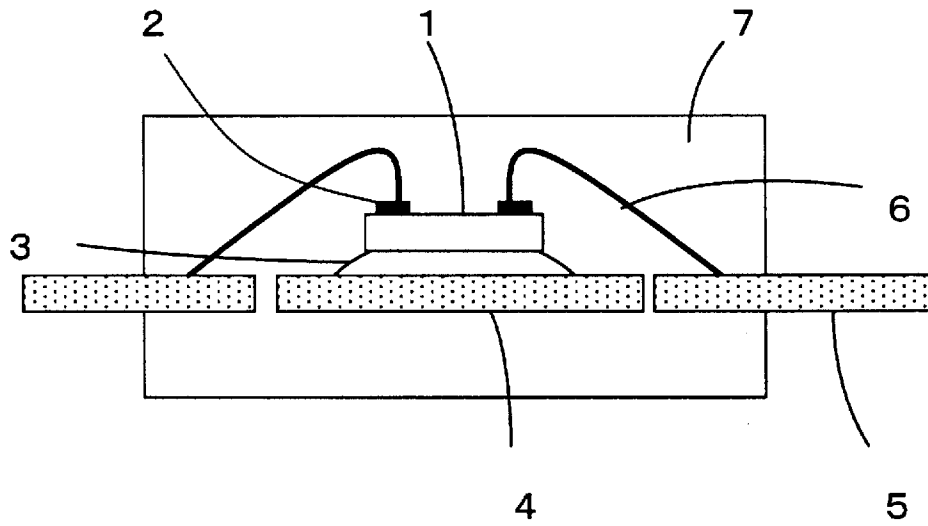
[請求項7] さらに、PまたはGeを0.001～0.3質量%含有することを特徴とする請求項3に記載のBi基はんだ合金。

[請求項8] はんだ合金の溶湯を鋳型に流し込んだ後、260℃まで3℃/sec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が合金内で分散され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。

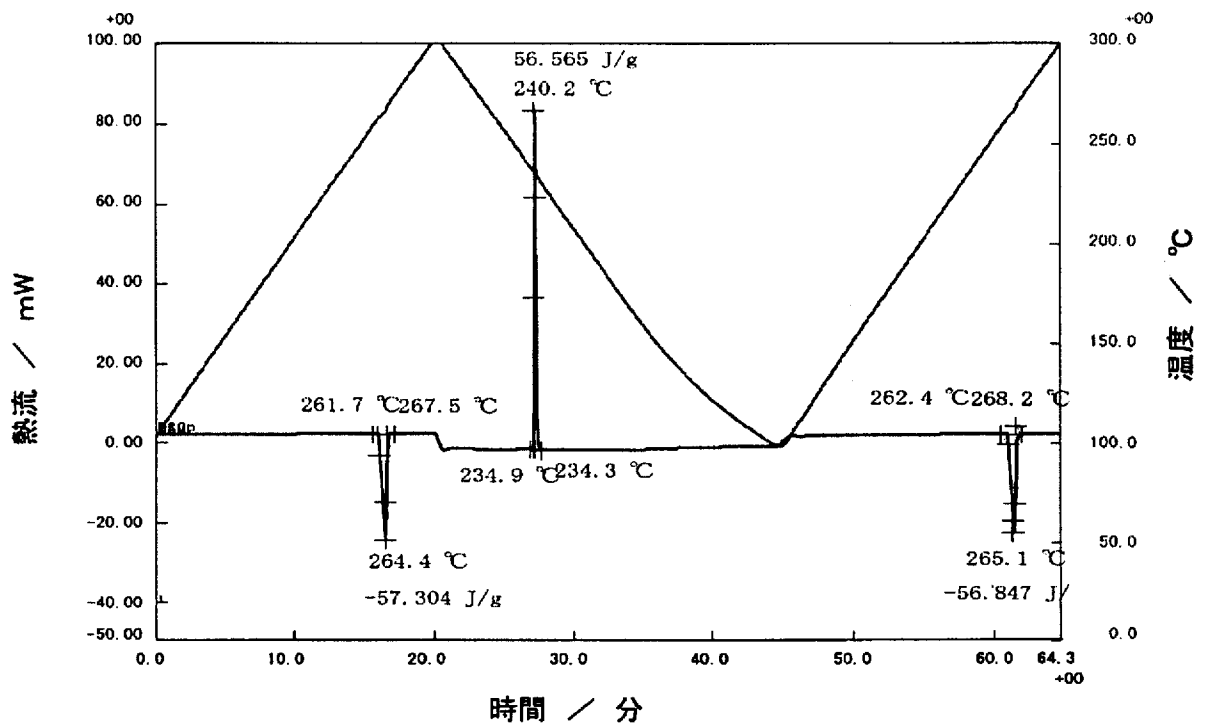
[請求項9] 請求項1～8のいずれかに記載のBi基はんだ合金を使用して、Agメッキ処理電子部品、ベアCuフレーム電子部品あるいはNiメッキ処理電子部品をボンディングすることを特徴する電子部品のボンディング方法。

[請求項10] 請求項1～8のいずれかに記載の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電子部品実装基板。

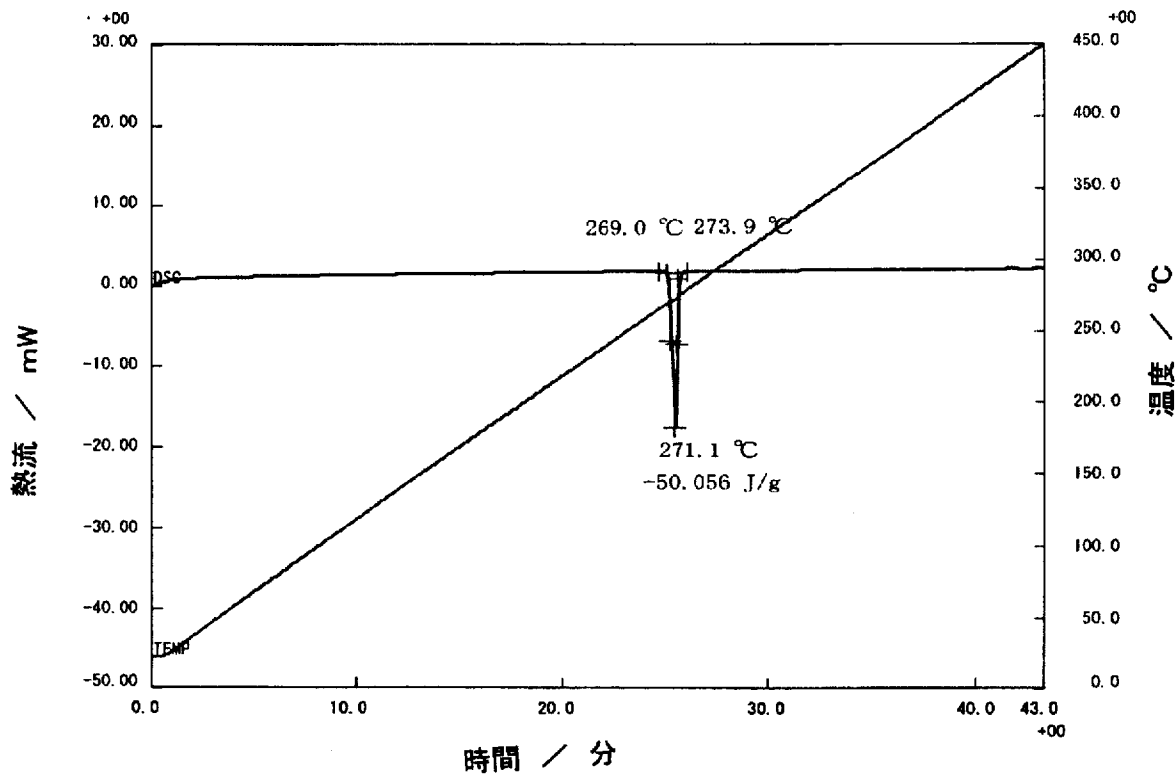
[図1]



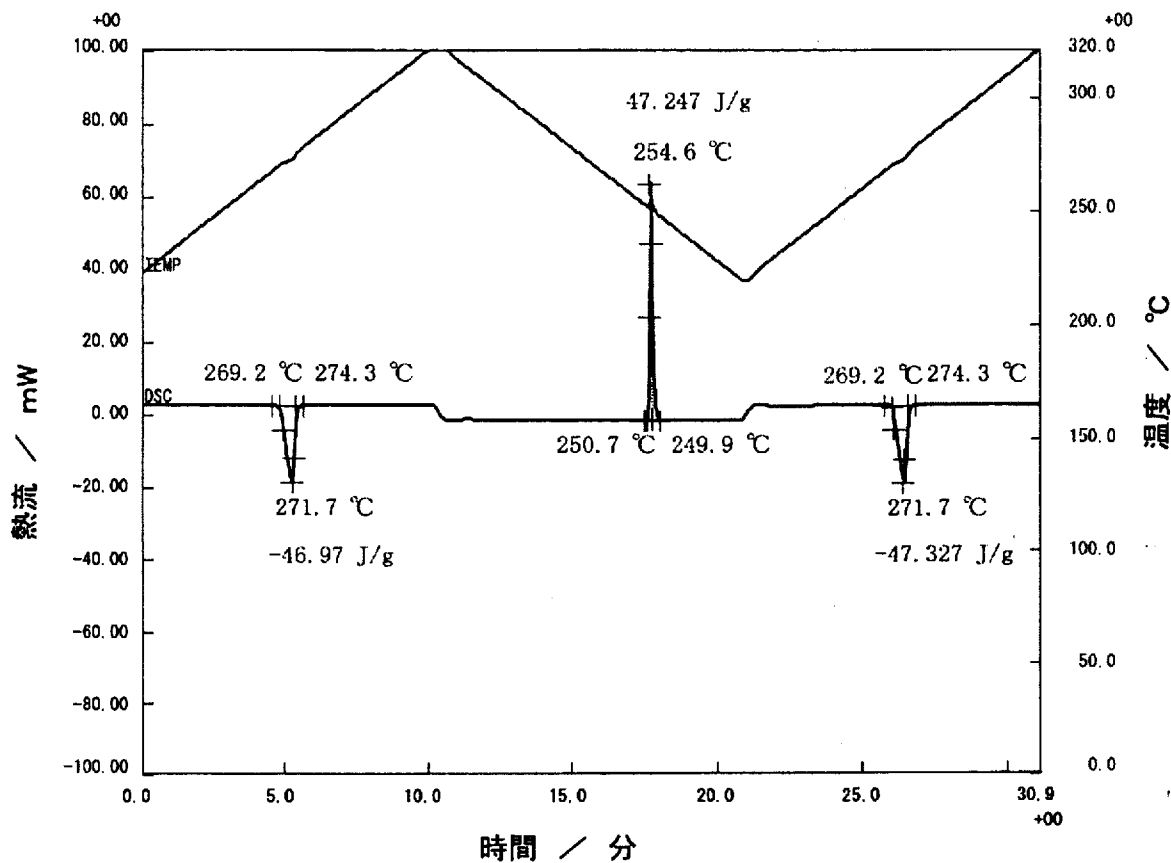
[図2]



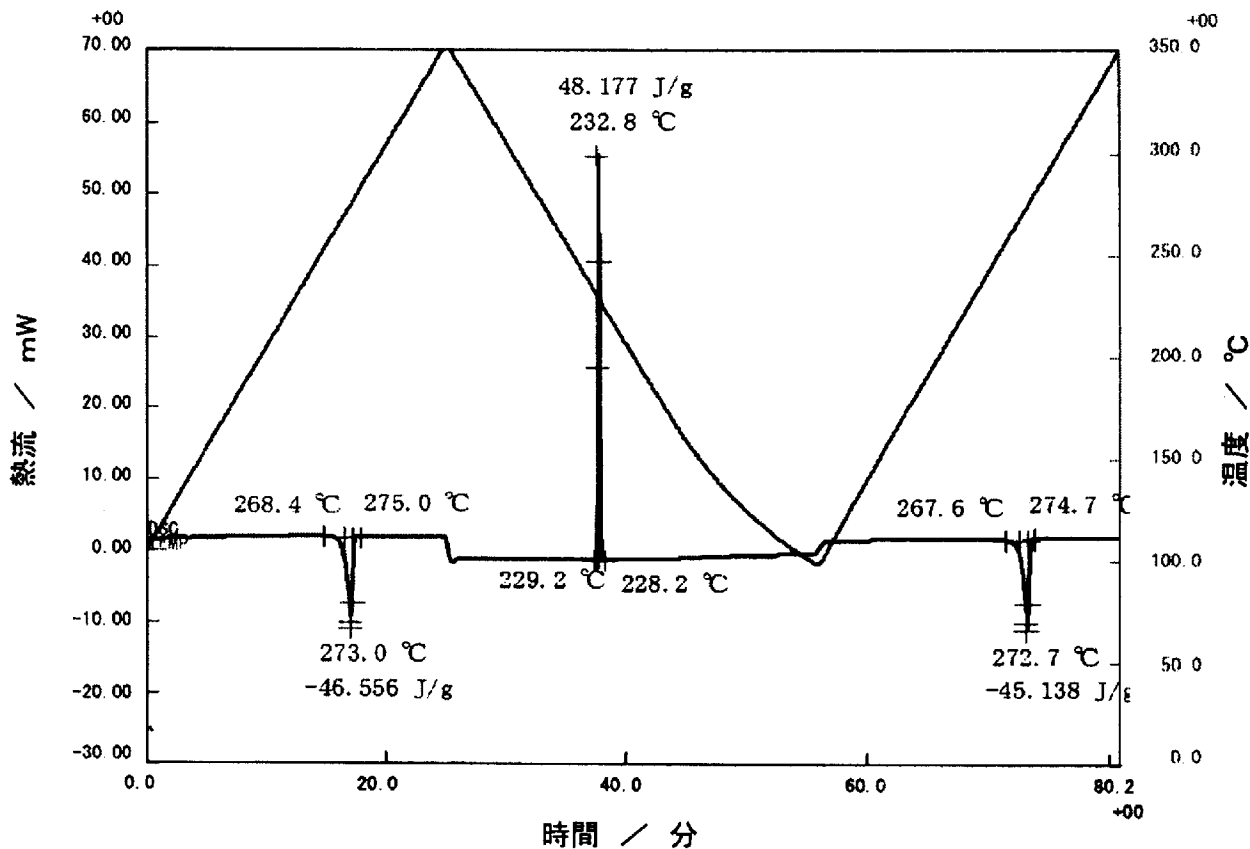
[図3]



[図4]

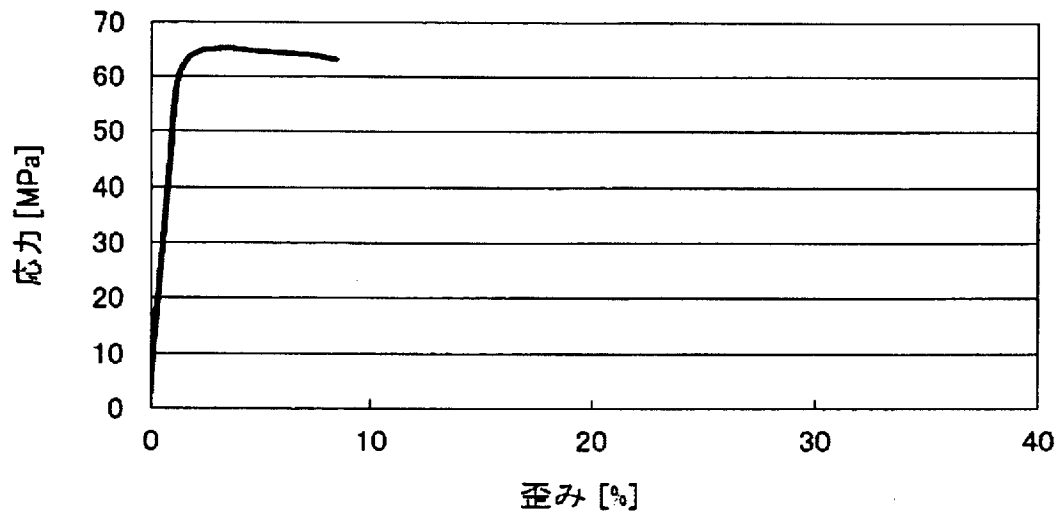


[図5]

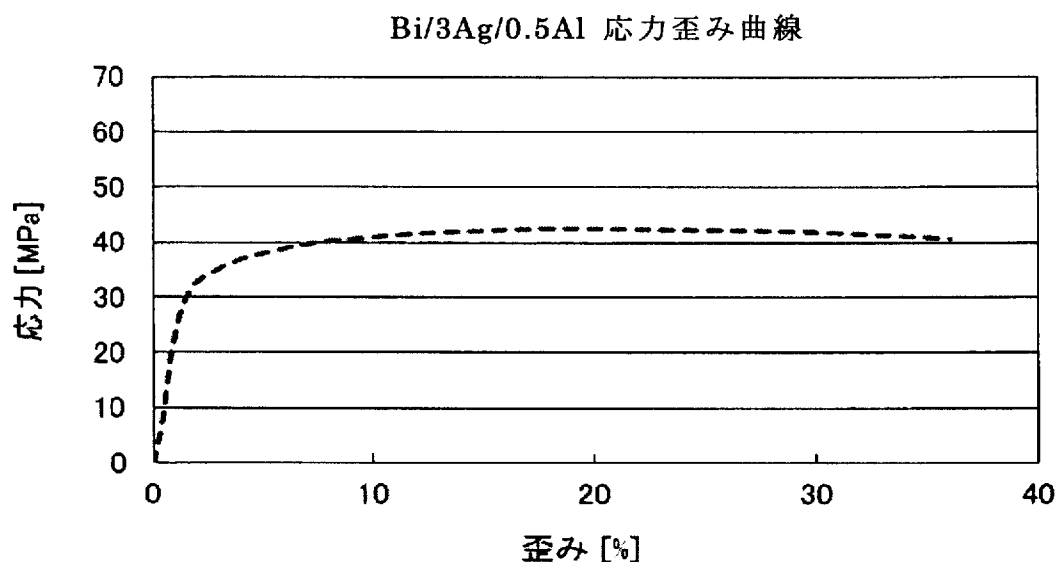


[図6]

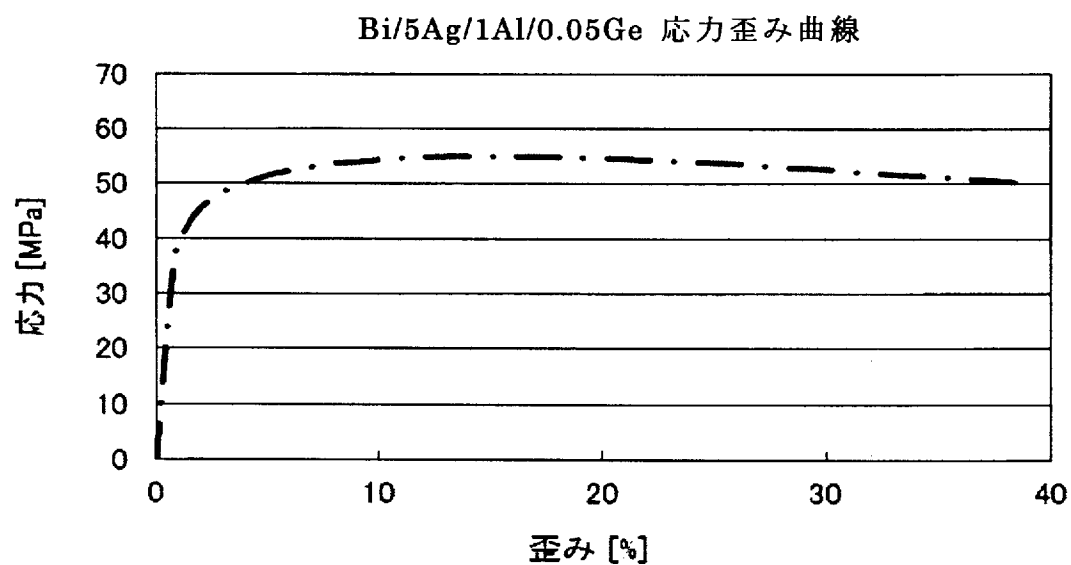
Bi/2.5Ag 応力歪み曲線



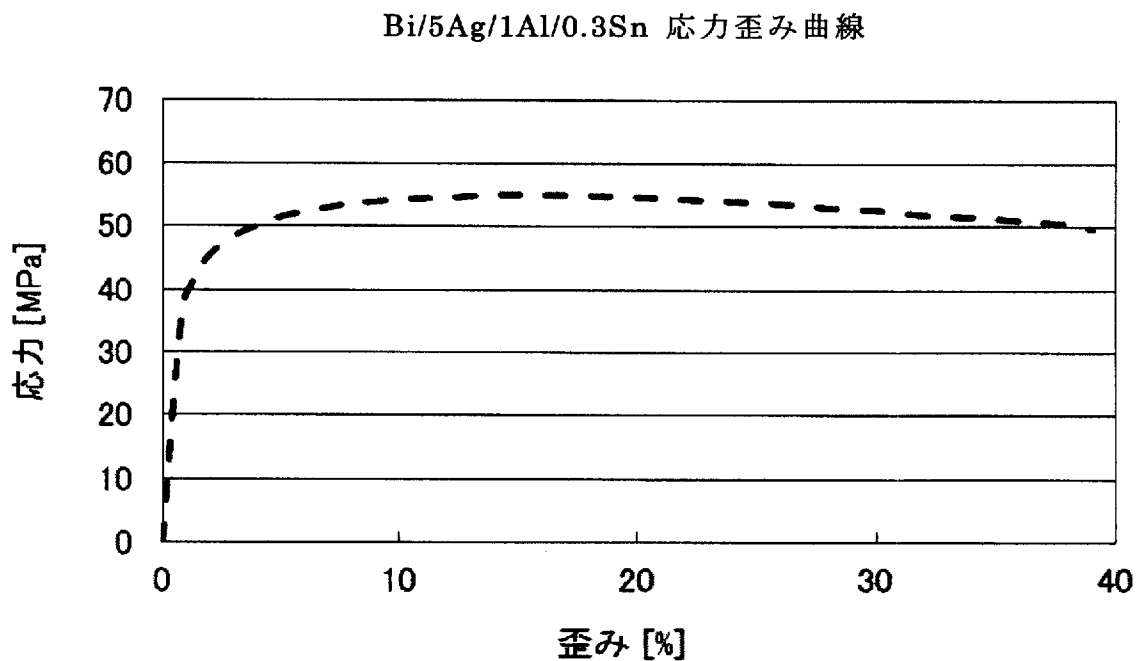
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/072397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K35/26(2006.01)i, C22C1/02(2006.01)i, C22C12/00(2006.01)i, H01L21/52(2006.01)i, H05K3/34(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K35/26, C22C12/00, H01L21/52, H05K3/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2014 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2014 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2014 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | WO 2010/150495 A1 (Panasonic Corp.), 29 December 2010 (29.12.2010), table 1, composition 23 & US 2011/0108996 A1 & US 8338966 B2 & CN 102132390 A | 1-10 |
| A | JP 2013-146765 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 01 August 2013 (01.08.2013), claims 1 to 4; tables 1, 2, samples 13, 21 (Family: none) | 1-10 |
| A | JP 2012-66270 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 05 April 2012 (05.04.2012), claims 1, 2; tables 1, 2, sample 15 (Family: none) | 1-10 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

| | |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search 10 October, 2014 (10.10.14) | Date of mailing of the international search report 21 October, 2014 (21.10.14) |
|--|---|

| | |
|--|--------------------|
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | Authorized officer |
| Facsimile No. | Telephone No. |

| | | | |
|---|--|----------------|------------|
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B23K35/26(2006.01)i, C22C1/02(2006.01)i, C22C12/00(2006.01)i, H01L21/52(2006.01)i, H05K3/34(2006.01)i | | | |
| B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B23K35/26, C22C12/00, H01L21/52, H05K3/34 | | | |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年 | | | |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) | | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 | |
| A | WO 2010/150495 A1 (パナソニック株式会社) 2010.12.29, 表1の組成 23 & US 2011/0108996 A1 & US 8338966 B2 & CN 102132390 A | 1-10 | |
| A | JP 2013-146765 A (住友金属鉱山株式会社) 2013.08.01, 請求項 1-4, 表1, 2の試料 13, 21 (ファミリーなし) | 1-10 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。 | | | |
| * 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献 | | | |
| 国際調査を完了した日 | 10.10.2014 | 国際調査報告の発送日 | 21.10.2014 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員) 河口 展明 電話番号 03-3581-1101 内線 3435 | 4 K | 3770 |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|----------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| A | JP 2012-66270 A (住友金属鉱山株式会社) 2012.04.05, 請求項 1, 2, 表 1, 2 の試料 15 (ファミリーなし) | 1-10 |