

(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
2012年8月30日(30.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/115268 A1

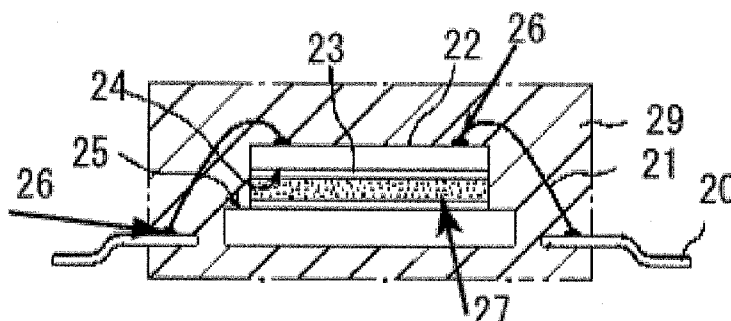
- (51) 国際特許分類:
B23K 35/26 (2006.01) C22C 13/02 (2006.01)
C22C 13/00 (2006.01) H05K 3/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054774
- (22) 国際出願日: 2012年2月27日(27.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-057183 2011年2月25日(25.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 千住金属工業株式会社 (SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1208555 東京都足立区千住橋戸町23番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): アルブレヒト、ハンス・ユルゲン (ALBRECHT, Hans-Jurgen) [DE/DE]; 13051 ベルリン、ヴァックスヴァイラー・ヴェーク13 Berlin (DE). ヴィルケ、クラウス (WILKE, Klaus) [DE/DE]; 12527 ベルリン、リュッペナウアー・ヴェーク7 Berlin (DE). 菅沼克昭 (SUGANUMA Katsuaki) [JP/JP]; 〒5670047 大阪府茨木市美穂が丘8-1 大阪大学産業科学研究所内 Osaka (JP). 上島 稔 (UESHIMA Minoru) [JP/JP]; 〒1208555 東京都足立区千住橋戸町23番地 千住金属工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 広瀬 章一 (HIROSE Shoichi); 〒1030023 東京都中央区日本橋本町4丁目4番2号東山ビル 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SOLDER ALLOY FOR POWER DEVICE AND SOLDERED JOINT OF HIGH CURRENT DENSITY

(54) 発明の名称: パワーデバイス用のはんだ合金と高電流密度のはんだ継手

[図2]



(57) Abstract: A soldered joint capable of withstanding a high current density without the occurrence of electromigration such that it can be used in a power device and the like is formed from an Sn-Ag-Bi-In alloy. This soldered joint is formed from a solder alloy that essentially comprises 2 to 4 mass% of Ag, 2 to 4 mass% of Bi, 2 to 5 mass% of In, and Sn as the balance. This solder alloy can also contain one or more selected from Ni, Co, and Fe.

(57) 要約: パワーデバイスなどに用いられる、エレクトロマイグレーションが生じることなく高い電流密度に耐えることができるのはんだ継手が Sn-Ag-Bi-In 系合金から形成される。このはんだ継手は、2~4 質量%の Ag、2~4 質量%の Bi、2~5 質量%の In、残部 Sn から本質的に構成されるのはんだ合金から形成される。このはんだ合金は、さらに、Ni、Co および Fe を 1 種以上含有してもよい。



WO 2012/115268 A1

明 細 書

発明の名称：

パワーデバイス用のはんだ合金と高電流密度のはんだ継手

技術分野

[0001] 本発明は、エレクトロマイグレーション(電食)による損傷を受けることなく高電流密度に耐えることのできるはんだ合金およびはんだ継手に関する。さらに本発明はそのようなはんだ継手を用いる電子素子(電子デバイス)、特にパワーデバイスに関する。

背景技術

[0002] はんだ付けは、回路基板やその他の基板に電子デバイスを電氣的に接続する方法として最も普通に用いられている方法である。電子デバイスがますます小型化されるにつれて、電子デバイスを他の部材に接続するはんだ継手の大きさも同様に小さくなってきており、そのように形状が小さくなることから、各継手における電流密度が非常に大きくなってきている。今日、電子デバイス用に通常使用されているはんだ継手では、電流密度はむしろ小さいものである。しかし、将来的には、5~100 KA/cm² というかなり高い電流密度でも長時間信頼して使用できるはんだ継手への需要が期待される。そのような高い電流密度は、ハイブリッド電気自動車、インバータなどで用いられるパワーデバイスなどの電力機器に特に想定される。

[0003] また、従来の電子デバイスはコンピューター基板などのデジタル回路用に用いられるものが脚光を浴びていたが、近頃電気調理器やエアコンなどの白物家電もコンピューター化が進み、大電流の電子デバイスが普及している。近年、自動車の制御も電子化が進み、ハイブリッド車や電気自動車などの大部分が電子部品で構成されている自動車も現れている。

[0004] これらの大電流を制御する電子デバイスに、1 A以上の電流を扱えるパワーデバイス(電力用半導体素子)と呼ばれるものがあり、パワートランジスタやパワーダイオードなどの半導体だけでなく、インバータやパワーモジュ

ールなどの部品化したものも含まれる。

- [0005] パワーデバイスは、高電圧、大電流を扱うので、その内部からの発熱は大きく、Cuベース放熱板、絶縁基板、シリコン素子は放熱のためにはんだで接合されていることが多く、またワイヤーボンディングで接合されていても放熱のためにランド間にはんだ接合が使用されている。これらの継手部には大電流が流れるため電流密度が大きく、CuランドやNiランドのCuやNiがはんだ中に移動するエレクトロマイグレーションを引き起こして不具合を起こすことがある。
- [0006] 大電流が流れるときに発生する電子の流れによって、金属原子が電子の流れの方向に移動させられる。エレクトロマイグレーションは、継手のカソード側におけるボイドおよびクラック発生の原因となることがあり、アノード側では、はんだのハミ出し(extrusion)および金属間化合物の成長が起こることがある。このような微細組織の変化およびそれによりもたらされる温度上昇は、はんだ継手における破断のような損傷を生じさせることがあり、そのような損傷ははんだ継手に接続された電子素子を部分的にあるいは全体的に機能不全とすることがある。
- [0007] 従来のパワーデバイス用のはんだは、パワーデバイスの電流密度が大きく、パワーデバイスから発生する熱量が多いので、溶融温度が300°C前後のPb-5質量%SnやPb-10質量%Sn等の高温はんだが使用されてきた。環境に対する配慮から、パワーデバイスに使用されるはんだの鉛フリー化が検討されているが、パワーデバイスに最適な鉛フリーはんだ組成は決まっていない。
- [0008] 現在、パワーデバイス用の鉛フリーはんだとして、前述のSn-5SbはんだやSn-10Sbはんだが良く知られている。また、本発明者は固相温度が260°C以上のBi系はんだ粉末と熱硬化性接着剤を含有したソルダペーストを開示している(特許文献1)。
- [0009] また、Sn-Ag-Bi-In組成のはんだ合金として、「0.8重量%以上5重量%以下のAgと、それぞれ0.1重量%以上で両者の合計が17重量%以下のInおよびBiを含み、残部がSnと不可避不純物とからなることを特徴とする無鉛はんだ

合金」(特許文献2)や「SnとAgを基本組成とし、Agの含有量が0.1~20重量%とする合金であって、その中に0.1~25重量%のBi、0.1~20重量%のInのいずれか1種以上を含有し、残部がSnからなることを特徴とするはんだ材料」(特許文献3)などが公開されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2005-72173号公報

特許文献2：特開平9-70687号公報

特許文献3：特開平8-206874号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 電子デバイスがますます小型化されるにつれて、電子デバイスの内部素子を接続するはんだ継手および電子デバイスを他の部材に接続するはんだ継手の大きさも同様に小さくなってきており、そのように形状が小さくなることから、各継手における電流密度が非常に大きくなってきている。また、電子機器の回路基板の電極に接続される電子デバイスが小さくなり、電気抵抗が大きくなって各継手における電流密度が非常に大きくなってきている。このような電流密度が大きな継手では、エレクトロマイグレーションが発生する。これは金属原子が移動する現象で、継手のカソード側においてボイドおよびクラックが発生し、アノード側では、はんだのハミ出し(extrusion)および金属間化合物の成長が起こるので、電子デバイスおよび電子機器の寿命が短くなってしまふ。

[0012] さらに、電子デバイスの小型化に伴い電子デバイスとプリント基板を接続する接合部も微細化しており、その微細な部分に電流が流れるので、微細パターンのプリント基板配線用のはんだ継手でも電流密度が大きく、エレクトロマイグレーションが発生することが問題となっていた。

[0013] 本発明が解決しようとする課題は、パワーダイオードなどの電流密度が非

常に大きい電子部品や、微細パターンを有する小型の電子デバイスを回路基板に接合するときでも、エレクトロマイグレーションを発生させないはんだ合金を開発することである。

課題を解決するための手段

- [0014] 本発明の発明者らは、エレクトロマイグレーション発生の原因が、電子デバイスや電子機器の回路基板が動作することで発生する電流により電流と反対方向に電子が移動するので、電子の移動とともに継手部分の金属が移動して継手のカソード側にポイドやクラックが発生することであること、そして電子機器の回路基板の継手部分で金属原子の急激な移動をコントロールすることで、エレクトロマイグレーションが緩和されることを見だし、本発明を完成させた。
- [0015] 本発明は、パワーダイオードなどの電流密度が非常に大きい電子部品や微細パターンを有する小型の電子デバイスの組み立てに適したはんだ合金であり、2~4質量%のAg, 2~4質量%のBi, 2~5質量%のIn、残部Snから本質的に構成されるはんだ合金であり、そのはんだ合金を用いて小型の電子デバイスを回路基板に接合するはんだ継手である。
- [0016] 本発明にかかるはんだ合金は、さらに、0.01~0.3質量%のNi、0.01~0.32質量%のCo、および0.01~0.1質量%のFeの少なくとも一種をさらに含有してもよい。
- なお、本明細書において、はんだ合金組成を規定する説明において単に「%」とあるのは「質量%」の意味である。
- [0017] 本発明のはんだ合金およびはんだ継手により構成された電子デバイス、およびこれらの電子デバイスを用いて、回路基板に接合するときの継手は、エレクトロマイグレーションの防止に有効である。
- [0018] 本発明では、エレクトロマイグレーションが電子の移動によるランドの金属、例えばCuが継手のはんだ合金中に移動して拡散することで発生するので、はんだ合金をランドの金属、例えば電荷を持ったCuのはんだ合金中への移動をコントロールできれば、例え電流密度が高い継手であっても、ランドのC

uやCuランドとはんだ合金の接合面に形成される金属間化合物がはんだ合金中に移動するのを阻止でき、ボイドやクラックが発生することがない。

[0019] 本発明のはんだ合金が金属原子の移動をコントロールする方法として、二つの方法が考えられる。

第1の方法は、Snのマトリックスで形成させるはんだ合金内部のCu原子の拡散を抑制して、急激に電流が流れないようにする方法で、エレクトロマイグレーション防止にとっても有効である。

[0020] 具体的には、はんだ合金の金属格子に歪みを与える金属を添加することで、移動する金属（CuやNi）が移動し難くする方法で、本発明ではBiやSbを添加することで金属格子が歪み、電流の急激な流れを抑制できる。この方法では、SbよりもBiの方が原子半径が大きいので、より大きな格子の歪みを与えることができる。そのために、本発明ではBiを使用している。

[0021] 図1に従来のSnAgCu合金などのBiを含有しない場合と、本発明のようにBiを含む場合とを比較した金属格子のモデルを示す。図1(a)は、従来例であって、Cu原子がSn格子を通り易いことが分かる。図1(b)は本発明のようにBiを添加すると、Bi原子が格子を歪めているため、Cu原子がSn格子を通り難くなっている。なお、図では、説明を簡単にするためにIn原子、その他の原子は省略してある。

[0022] また、はんだ合金を拡散するCu原子は結晶の方位が揃っているほど拡散し易いことが分かっており、はんだ合金の結晶方位をばらばらにすると急激なCu拡散がなくなる。特に結晶方位のc軸方向に向かっては拡散が激しいので、c軸と電流方向を一致させないようにすると、Snのマトリックスで形成させるはんだ合金内部のCu拡散を抑制して、急激にCuが拡散しないようになる。本発明では、結晶方位が揃うのを抑制できる金属としてInを添加して、エレクトロマイグレーションを抑制している。

[0023] 第2の方法は、Cuなどのランドに使用する金属とはんだ合金との界面に金属間化合物の反応層を形成する方法で、本発明ではIn、Ni、Coを用いている。ランドに使用されているCuとはんだ合金中のIn、Ni、Coと反応して生成さ

れた金属間化合物層の周辺は電流が流れ難くなる。しかし、この方法では生成した金属間化合物の反応層周辺が電流の流れを抑制するエリアであり、効果は部分的である。したがって、全面的な効果をもたらす方法である、はんだ合金内部で電流が流れ難くする第1の方法よりは、効果が薄い。本発明では、全面的な効果であるはんだ合金内部がCu拡散し難くする方法と部分的な効果であるCuなどのランドに使用する金属とはんだ合金との界面に金属間化合物の反応層を形成する方法の両方を用いて、究極にエレクトロマイグレーションの発生が少ないはんだ継手を得ることができる。

[0024] 本発明のはんだ合金は、金属原子の移動をコントロールしてエレクトロマイグレーションを防止するために、はんだ合金の金属格子に歪みを与えたり、はんだ合金の結晶方位を制御するためにSn-AgはんだにInやBiを添加している。本発明のはんだ合金は、特許文献2や特許文献3のようにSn-Ag-In-Biはんだ組成であり、はんだ組成的には低温はんだの領域に入るものである。

[0025] しかし、エレクトロマイグレーションが問題となる電子デバイスや基板は、パワーデバイスのような大電流が流れる電子デバイスやCPUなどの微細パターンの電子デバイスやそのデバイスを搭載した基板などで、全て電流密度が高く、大電流による熱が発生することが共通している。

[0026] 本発明では、金属原子の移動をコントロールしてエレクトロマイグレーションを防止するはんだ組成が、偶然に「低温はんだ」と呼ばれている領域のはんだ組成になっただけで、エレクトロマイグレーションが問題となる電子デバイスや基板は、大電流による発熱が問題となるので、「高温はんだ」と呼ばれる溶融温度の高い「高温はんだ」合金が用いられた分野である。エレクトロマイグレーションが問題となる電子デバイスや基板に特許文献2や特許文献3のような、単にはんだの溶融温度を低下させるためにInやBiを添加したはんだ組成を使用しても、電流密度が高く、はんだ継手に大電流が流れることで、局所的にはんだ継手部分が溶融してしまい、エレクトロマイグレーションについても金属原子の移動をコントロールができなくなって、エレクトロマイグレーションが増加してしまう。

[0027] 本発明のパワーデバイス用のはんだ合金は、エアコンや電気炊飯器、工作機械などに用いられるIGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）やMOS FET（MOS型電界効果トランジスタ）などのパワートランジスタに適している。

[0028] IGBTの概略図を図2に示す。図中、銅ベース放熱板25にはダイボンド電極部が設けられており、さらにその上には、はんだ層27が設けられている。はんだ層27は、さらにその上に載置されたICチップ22上に形成されためっき層24を介してICチップ22と接続している。さらに、ICチップ22上部に形成された電極から、Cuのリードフレーム20に向かってCuクリップ21が配線されている。ICチップ22とCuクリップ21およびCuクリップ21とリードフレーム20ははんだ継手26で接合されている。

[0029] 特に、パワーデバイスのエミッタとコレクタの接続の継手に本発明のはんだ合金を用いると端子間の電流密度が高くても長期間の品質を維持できて好ましい。

また、本発明のパワーデバイス用のはんだ合金は、パワーデバイス内部だけではなく、パワーデバイスとプリント基板との継手などのように、デバイスとプリント基板の間の電流量が多い継手や、CPUとプリント基板との間の電流密度が高い部分の継手に使用しても、CuやNi等のランドに発生するエレクトロマイグレーションを防止することができる。この電子デバイスとプリント基板との接合では、一般に使用されるSn-3.0Ag-0.5Cuと同じリフロープロファイルで使用して良い。

[0030] つまり、本発明のパワーデバイス用のはんだ合金は、5~100 kA/cm²の電流密度の電流が流れるはんだ継手を有するパワーデバイスに使用することができる。さらに5~100 kA/cm²の電流密度の電流が流れる継手を構成するパワーデバイスのプリント基板への実装にも用いることができる。

[0031] 本発明のパワーデバイス用のはんだ合金は、デバイスとして組み立てたときに電子デバイス内部が150℃前後の温度条件までは、保証可能な耐熱性は優に有している。しかし、パワーデバイスは、1A以上の大電流を扱うので、はんだ合金の固相線温度が余り低下してしまうと、はんだ継手が半熔融状態と

なってしまい、金属原子の移動がコントロールできなくなってしまう。

[0032] Biについて：

凝固偏析でBi単相がはんだフィレット全体に晶出するため、はんだ接合部で局所的に電流密度が高くなるとはんだ自体がジュール熱で発熱し、瞬間的に150℃を超過し、一部溶解する。通常のヒートサイクル試験や従来のように、ピッチが広く電流量が小さいパワーサイクル試験ではジュール熱が発生しても、熱拡散により局所的にはんだフィレットの一部の温度が上昇することはなく、平均的に温度が上昇するため、大きな問題とはならず、更に、昇温がゆっくりと行われるため、Bi単相がSnマトリックスに再固溶し、低融点層が消失し、Biの偏析による再溶融の懸念はない。

[0033] しかしながら、電流密度が高い本発明におけるはんだ接合部では、Bi含有量が4%を超過するとはんだフィレット全体にBiが偏析し、Biが偏析した部分の電流密度が高くなると、Bi自体はSnの約5倍以上の電気抵抗値をもつことから、更に、発熱が激しくなり、熱伝導率もSnの約1/7、Cuの1/40と非常に悪いため、発生した熱は放熱が難しく、局所的な加熱が加速される。再溶融した部分ではCuの拡散がますます激しくなるため、エレクトロマイグレーションが局所的に進行し、断線までの寿命が短くなる。つまり、Snの結晶格子を歪ませCu拡散を抑制するには効果的なBiであっても、Snマトリックス中に晶出したBi単相自体はもはやSnマトリックス中のCu拡散を抑制する効果もないどころか、電流密度が高い部分に存在すると発熱を助長し、放熱を妨げるため、耐エレクトロマイグレーション性を大きく低下させるので、はんだフィレット凝固時にBi単相の偏析が少ないように、Bi含有量は、4%以下とする。

[0034] Inについて：

In添加によりCu配線との反応層がCu₆Sn₅からCu₆(SnIn)₅への変化し、更に、Snマトリックス中に固溶し、結晶格子を歪ませ、Cuの拡散を抑制し、耐エレクトロマイグレーション性が改善される。一方で、Inの添加量が増加すると固相線温度が低下し、特に、125℃のような高温下ではInによる固溶硬化は期待できず、つまり、In原子がSnマトリックスの結晶格子を歪ませることが

できなくなり、融点低下によるSnマトリックス中の相互拡散を加速させ、耐エレクトロマイグレーション性を低下させる。更に、125°Cの高温下では β -Sn相の一部が γ -SnIn相に変態し、Sn, In原子の拡散が激しくなるとともに原子空孔が多く形成される。原子空孔を介してCuが更に拡散しやすくなるため、高温での γ -SnIn相への変態は極力避けなければならない。そのため、In添加量は5%以下とする。できれば、4%以下がよい。しかしながら、In添加量を2%未満にするとCu電極との反応層中のIn濃度が低下し、エレクトロマイグレーションが多く発生するようになる。

[0035] 一般的には固相線温度の低下は高温での原子の拡散や原子空孔の形成を活性化させるため、Cuの拡散の抑制が必要なエレクトロマイグレーションの抑制には固相線温度の高いはんだが望まれる。しかしながら、Bi添加による固溶硬化が200°Cでも持続し、Sn中の転移の移動や原子空孔の形成を抑制できることが判明し、更に、低融点化による β -Sn中のCu拡散の加速によるエレクトロマイグレーションの問題をInの添加量を調整して電極との反応層中のCuの拡散を抑制することで、融点の低下による耐エレクトロマイグレーション性の低下を最小限に抑えられるIn添加量を見出した。

発明の効果

[0036] 本発明のパワーデバイス用はんだ合金は、BiとInを含む所謂低温はんだの組成にも関わらず、パワーデバイス内部の接続の継手に用いても150°C前後の耐熱性を有し、5~100 kA/cm²の高い電流密度であってもエレクトロマイグレーションによる損傷を受けない。したがって、本発明のはんだ合金によって作られたパワーデバイスは長期間安定して、作動可能である。また、プリント基板の実装による、パワーデバイスとプリント基板との配線の継手や微細な配線のCPUなどとプリント基板との配線の継手などに本発明のはんだ合金を使用すると、5~100 kA/cm²の高い電流密度を発生する継手であっても、エレクトロマイグレーションが発生しないので、長期間の安定した品質を得ることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]図 1 (a)、図 1 (b)は、それぞれ、従来例、本発明例のSn格子のモデルを示す模式図である。

[図2]IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）の概略図である。

[図3]本発明実施例のはんだ接合の様子を示す説明図である。

[図4]本発明実施例の電流を通電する前の銅ランドの状態を示す電子顕微鏡写真である。

[図5]本発明実施例の125°C、20 A通電後に、抵抗値が5%上昇した銅ランドの状態を示す電子顕微鏡写真である。

[図6]本発明実施例の125°C、20 A通電後に、抵抗値が10%上昇した銅ランドの状態を示す電子顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

[0038] 本発明は、2~4質量%のAg、2~4質量%のBi、2~5質量%のIn、残部Snから本質的になる合金である。Ag：3.2%以下であってもよい。In：4.5%以下であってもよい。

上記合金は、好ましくは、さらに、0.05~0.2質量%のNi、0.05~0.2質量%のCo、および0.02~0.1%のFeの少なくとも1種を含有してもよい。

[0039] 本発明にかかるはんだ継手は、2~4質量%のAg、2~4質量%のBi、2~5質量%のIn、残部Snから本質的になる合金から形成することができる。

上記継手を構成する合金は、好ましくは、さらに、0.05~0.2質量%のNi、0.05~0.2質量%のCo、および0.02~0.1%のFeの少なくとも1種を含有してもよい。

[0040] 本発明にかかるはんだ継手は、特定の電子デバイスに使用されることに制限されないが、パワートランジスタなどのように大電力を消費する電子デバイスに使用するとき、エレクトロマイグレーションを防止でき、特に効果がある。

[0041] 本発明にかかるはんだ継手は、各種形状で形成することができる。例えば、パワーデバイス内部では、ワイヤボンディングやプリフォーム、はんだボール、ソルダペーストによるリフローソルダリングでのフリップチップ実装

などの方法が考えられる。

[0042] パワーデバイスとプリント基板への実装やCPUやプリント基板への実装は、電子素子のリードあるいは電極を噴流はんだ付けによって接合することで形成してもよい。あるいは、ソルダペースト、はんだボール、あるいは各種プリフォームをリフローはんだ付けすることで形成してもよい。さらに、本発明にかかるはんだ継手は、手による(マニュアル)はんだ付けで形成してもよい。これらは、パワーデバイスがディスクリートタイプか、面実装タイプであるかによって決定させる。

[0043] 上記合金において各組成成分の範囲を限定する理由は以下の通りである。

SnAgBiIn合金でのエレクトロマイグレーションの改善について

Ag量は、はんだの溶融温度、耐熱疲労特性の観点から決定される。

Agが2%より少ないと熱疲労特性が低下する。一方、4%を超過すると液相線が上昇するため、ボイドの数が増加し、はんだ継手の品質が低下する。したがって本発明のAg量は、2質量%以上、4質量%以下である。

[0044] 特に、はんだボールを使ってバンプを形成するとき、はんだボールの径と同程度の粗大なAg₃Sn化合物が、はんだ付け時に晶出し、その後のマザーボードへの実装やフリップチップ実装において、そのような粗大な化合物が晶出して、はんだ付不良の要因となる。したがって、本発明でのAgの添加量が増大すると、粗大なAg₃Snの晶出が徐冷で顕著になるから、それを避けるため、Ag量は3.5%以下が更によく、初晶の晶出を低減し、はんだ継手の信頼性を改善するためにはAg量は2.5%以上が良い。そのためにより好ましいAg量は、2.5質量%以上、3.5質量%以下である。

[0045] Biは、Snマトリックと固溶体を構成し、Snマトリックス中のCu拡散を抑制する。Snマトリックスに固溶したBiは格子歪みを与え、マトリックス内でのCu原子の拡散を抑制する。

エレクトロマイグレーションは150℃程度の高温下では発生しやすい。したがって、そのような高温下でBi添加により起こる固溶硬化の状態を維持することが重要である。一般的に、固溶硬化の状態は、150℃という高温にはんだ

継手が加熱されると、消失し、更に、150°CではSnへのBiの固溶限が10%以上になるので、BiではSnマトリックス中のBi原子の拡散が激しくなり、Sn格子ひずみが緩和されると考えられる。Biを2%以上添加した場合、150°C以上の高温化においても固溶硬化が持続することが判明しており、固溶硬化が持続することで発生するSnの格子歪みの存在は、Cu原子の拡散を抑制する。160°Cでの引張強度はSnAg0.5Cu、Sn3Ag0.8Cu3Biで各々、19MPaと28MPaであり、200°Cでも13MPaと20MPaである。Biが2質量%未満では、固溶硬化が発揮されず、Snの格子歪みが現れない。しかしながら、過剰にBiを添加すると、前述の固相線温度の低下の観点以外にもはんだ付け時の凝固偏析により、139°Cで溶融する低融点相(低温相)が晶出する。はんだ継手におけるそのような低温相の存在により、はんだ継手は150°C以上という高温に加熱されることがあることから、そのときに液相の生成はさけられない。そのため、熱疲労による応力負荷の増大により、クラックが一気に進展する。そのため、Bi添加量は4%以下とする。本発明のBiの添加量は、2質量%以上、4質量%以下である。

[0046] 例として、Sn3.0Ag0.8Cu5Biはんだ合金では、凝固偏析によりBiがはんだ継手のフィレット部全体に晶出する。4%Biの添加ではBiは10ミクロン程度の大きさで晶出し、全体に分散しているが、まだ、Biの濃化したエリアがフィレット全体を貫通していない。しかし、Biを7%以上添加すると、Biの偏析エリアがフィレット部を貫通する。このように、はんだ継手が急速に150°Cという高温にさらされると、液相部分がフィレット部を貫通するため、例え、Cu原子の拡散を抑制して、エレクトロマイグレーションを防止できても、熱疲労特性が著しく低下する。そのため、そのような高いBi含有量は、大電流が流れても高信頼性を求められるはんだ継手には適さない。

[0047] Bi添加量は、4%以下に限定され、好ましくは3%以下である。Bi含量が3%以下のときには、フィレットの数箇所にBiの偏析が確認され、そのBi偏析部が139°Cで再溶融したとしても、クラックの進展は防止できる。また、Inの添加ではBiの偏析の傾向は変わらない。

[0048] Inは、Biと同様に、Snと固溶体を形成し、Snマトリックスに格子ひずみを

与える。In添加による固溶硬化は160°Cという高温下でも維持される。Biと比較してその効果は小さいが、InもSnマトリックス内でのCu拡散を抑制できる。

[0049] Sn合金にInを2~5%添加すると、初晶が β -Snではなく、 γ -SnInとなり、晶出した γ -SnIn相が100°C以下では固相変態により β -Sn相となる。このように固相変態した β -Sn相では結晶粒子が微細化され、大きさが50 μ m以下で、結晶方位がランダムとなる。 β -Sn相ではc軸方向のCu原子の拡散速度が速い。はんだ継手部の結晶粒が大きくなるときには、上記c軸の方向と電流が流れる方位とが一致する確率が高い。更に、結晶粒が大きく、前記確率も高いために、Cu原子が拡散できる距離が長くなり、Cu電極からはんだ中に拡散するCu量が増加し、エレクトロマイグレーションによるCu電極の断線が短時間に非常に容易に起こる。しかしながら、結晶粒が小さいと、いくつかの結晶粒のc軸と電流の方位が一致したとしても、結晶粒自体が小さく、Cu電極からはんだ中に移動するCuの総量が抑制され、結果的にエレクトロマイグレーションにより導電路が断線するまでの寿命が長くなる。

[0050] In添加量が2%より少ないと、初晶とし、 γ -SnIn相がほとんど晶出しない。凝固初期から β -Sn相が晶出し、連続的に成長する。したがって、固相反応による相変態が生じず、粗大な β -Sn結晶のC軸方向と電流の方位が一致する。そのため、はんだ継手では、Cu原子の拡散が激しくなり、短時間で断線が生じる。

一方で、5%を超過してInを添加すると、室温では β -Sn相が生成するが、150°Cでは β -Sn相と γ -SnInの割合が約7:3となる。このことは、はんだ継手が使用中に相変態を起こすことを意味する。もし、そのような β -Snから、 β -Snと γ -SnInへの相変態が起こると、はんだ継手が変形し、隣接する電極との短絡が起こる。そのため、In含量は5%以下に限定する。本発明のIn量は、2質量%以上、5質量%以下である。好ましくは、3質量%以上、4質量%以下である。

[0051] In添加により直接的にエレクトロマイグレーションは抑制できる。通常、C

u電極とはんだ合金との界面には、 Cu_6Sn_5 や Cu_3Sn などの金属間化合物が形成されるが、これらの金属間化合物相(以下、「反応相」ともいう)中のCu原子の移動は早く、エレクトロマイグレーションにより Cu_6Sn_5 中のCu原子がSnマトリックス中に拡散し、そのような金属間化合物相が容易に消失する。金属間化合物相が消失した後は、Cu電極とSnマトリックスが直接接触し、Cuの拡散は更に加速され、短時間で断線にいたる。一方で、金属間化合物相を $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ とすることで、電流により引き起こされるCu原子の拡散を抑制できる。そのためエレクトロマイグレーションによる金属間化合物相の析出を効果的に防止できる。In含有量は1%以上とし、好ましくは、2%以上とする。一方、Inが5%以下のはんだでは、Cu電極との反応相中のIn含有量が7%以下となる。換言すれば、 $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ 反応相中のIn含有量は7%以下が好ましい。

[0052] Ni : 0.01-0.3%の添加も、エレクトロマイグレーションを抑制する効果がある。SnAgBiIn合金にNiを添加することで、反応相を、 $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ から、 $(\text{CuNi})_6(\text{SnIn})_5$ へと変化させることができ、Cu拡散を抑制することができる。Ni添加量が0.01%よりすくないと、一部 $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ 反応相が変化せずに残ることがある。電流密度が高くなる領域と、この残留する $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ 反応相が一致すると、Cu拡散が加速され、最終的に、短時間で断線にいたる。この場合、Ni添加量は0.1%以上が好ましい。リフローはんだ付けを行う場合、リフロー時の加熱温度は 260°C を超えないようにする。通常、その温度は 240°C 以下である。0.1%を超えてNiを添加すると、液相線が 240°C を超える。 240°C では少量の $\text{Ni}_3(\text{SnIn})_4$ が残留するが、はんだ付けにはほとんど影響ない。しかし、Ni含量が0.3%を超えると、場合により0.2%を超えると、悪影響が生じ、例えば、ボイド量が増加する。

[0053] しかし、 $\text{Ni}_3(\text{SnIn})_4$ が残存しているため、リフロー時のはんだ中へのCuの溶解を効果的に防止でき、その結果、断線発生を防止して使用寿命を延長できる。好適なNi添加量は、0.01~0.2%であり、より好ましくは、0.1~0.15%である。

[0054] Co : 0.01~0.3%の添加も、エレクトロマイグレーションを抑制する効果が

ある。SnAgBiIn合金にCoを添加することで、反応相を、 $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ から、 $(\text{CuCo})_6(\text{SnIn})_5$ へと変化させることができ、Cu拡散を抑制することができる。Co添加量が0.01%よりすくなく、場合により0.02%より少ないと、一部 $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ 反応相が変化せずに残ることがある。電流密度が高くなる領域と、この残留する $\text{Cu}_6(\text{SnIn})_5$ 反応相が一致すると、この領域におけるCu拡散が加速され、最終的に短時間で断線にいたる。Co添加量は0.1%以上が好ましい。リフローはんだ付けを行う場合、リフロー時の加熱温度は260°Cを超えないようにする。通常、その温度は240°C以下である。0.05%を超えてCoを添加すると、液相線が240°Cを超える。240°Cでは少量の $\text{Co}(\text{SnIn})_2$ が残留するが、はんだ付けにはほとんど影響ない。しかし、Co含量が、特に0.3%を超えると、場合により0.2%を超えると、悪影響が生じ、例えば、ボイド量が増加する。しかし、 $\text{Co}(\text{SnIn})_2$ が残存しているため、リフロー時のはんだ中へのCuの溶解を効果的に防止でき、その結果、断線発生を防止して使用寿命を延長できる。好適なCo添加量は、0.05~0.2%であり、より好ましくは、0.05~0.15%である。

[0055] 更に、Co添加により、反応相 $(\text{CuCo})_6(\text{SnIn})_5$ を平滑な表面とし、反応層を形成し、厚みが均一になる。Coが0.01%未満の添加では反応相 $(\text{CuCo})_6(\text{SnIn})_5$ の凹凸が激しくなり、反応層の薄い部分に電流が集中するとエレクトロマイグレーションにより、反応相が消失しやすくなる。反応相が消失した後は、Cu電極とはんだとは、直接、接することとなり、Cu電極からはんだへのCu拡散は更に加速され、短時間で断線にいたる。

[0056] また、Co添加により、反応相近傍の β -Snの結晶粒を30 μm 以下に微細化できるため、エレクトロマイグレーションによる破断に至るまでの使用寿命を延長できる。

本発明のSn-Ag-Bi-In合金には少量のFeを配合させても良い。好ましくは、Fe含量は、添加する場合、0.01~0.1%とする。

[0057] Sn:残部

Snは当該はんだ合金の残部を実質上構成する。Sn含量の下限は、特に規定しないが、一般には、少なくとも94質量%である。

[0058] 本発明によるはんだ継手に用いるはんだ合金は、はんだ合金製造のための通常の方法によって製造することができ、そのときのはんだ合金は、はんだ継手を形成するために用いるはんだ付け方法にそれぞれ適するような形に成形することができる。例えば、本発明にかかるはんだ合金は、インゴット、バー、ロッド、はんだボール、はんだ粉末、あるいは、はんだワイヤの形態で使用してもよく、また、ペレット、ディスクのような各種プリフォームに加工して使用してもよい。

[0059] はんだ合金をソルダペーストとして用いる場合には、はんだ合金粉末を慣用手段によって適宜フラックスと混合する。

実施例

[0060] 本発明にかかるはんだ継手の作用効果を調べるために、ソルダペーストを使用したリフロー法でCu製の素子とランドとをはんだ付けすることで、本発明のはんだ継手と従来のはんだ継手とを作り、そのときのはんだ継手の各種特性を計測した。表1に記載の各はんだ合金成分を有するはんだ粉末をフラックスと混和してソルダペーストを作った。

[0061] 図3に示すように、ソルダペーストは、例えば、ステンシルによって、回路基板31の銅電極上に印刷され、次いで、矩形Cuプレート33をはんだペーストの上に置く。回路基板31と銅プレート33はリフロー炉内で加熱され、ソルダペーストを溶融させ、次いで、このときの組み立て体を冷却して、Cuプレート33と回路基板31のランド32とを接合するはんだ継手34を得る。図3は、このときの回路基板1の様子を模式的に示している。

[0062] ヒートサイクル性試験は下記要領で行った。

厚さが1.6mmで6層のFR4プリント基板を使用した。基板電極サイズと同じ開口サイズで150 μ m厚に所定のソルダペーストをはんだ付けパターン(1.6 \times 1.2(mm))を印刷した。これに、3.2mm \times 1.6mm \times 0.6mmサイズのセラミックチップ抵抗分品をSMT-2000V SUZUKI)製の自動部品搭載機で搭載後、千住金属製SNR-825を使って、ピーク温度240 $^{\circ}$ C、酸素濃度500ppm以下で実装を行った。

[0063] 耐熱疲労試験には、空気循環式による冷熱衝撃試験機TSA-101(Espec製)を

使用し、 -55°C 、 $+125^{\circ}\text{C}$ で各30min間保持し、常温さらし時間は0minとした。500サイクル毎に、剪断強度測定器 (Shear tester) STR-1000(レスカ製)を使用し、各チップ^o 部品接合部の剪断強度を10~15点測定した。シェアーツールのサイズ、速度は、各々、 $3\text{mm w}\times 2\text{mm t}$ 、 $5\text{mm}/\text{min}$ であった。

[0064] はんだ接合部の寿命を明確にするため、3216部品での最低接合強度を15Nとし、500サイクル毎に15N以下となる累積頻度を算出し、累積頻度が10%を超過した段階で不合格とし、その500サイクル前をはんだ接合部の寿命とした。その結果を表1に記載する。

[0065] エレクトロマイグレーション試験は次の要領で行った。

エレクトロマイグレーションに対する抵抗性を求める場合、銅プレート33および回路基板31のランド32とを図3に示すように、適宜電源35に接続して、Cuプレート33と回路基板31のランド32との間に電流を流す。このときの電流は、回路基板31を室温の大気下に保持したまま、抵抗が5%、10%まで増加するまで供給する。終了時、はんだ継手34のフィレット部の底部近くのはんだ継手34の断面を電子顕微鏡で観察する。フィレット部の領域を観察するのは、そこが、電流密度が最も高いと思われる個所であるからである。

[0066] 本例では、表1に示す組成のはんだ合金を使用した。結果は同じく表1に示す。

最後に、リフローのピーク温度を 240°C で設定したリフロー炉で、はんだ付け後の回路基板1をX線透過装置によってはんだフィレットを確認して、はんだ継手のボイドを調べた。継手断面の面積比でボイドが20%以上のものを「×」、10~20%のものを「△」、10%未満のものを「○」と判定した。結果は、表1に示す。

[0067]

[表1]

		合金組成(質量%)						温度サイクル試験(c)	継手の寿命(h)		500h後の不良率(%)	ポイド	
		Sn	Ag	Bi	In	Ni	Co		Fe	10%上昇	5%上昇		N=15 20%抵抗値増加=不良
	1		2	2	2				2000	400	—	13	—
	2	残部	2	3	4				2000	400	—	7	—
	3	残部	2.5	3	4				2500	400	—	0	—
	4	残部	3	3	4				3500	400	200	0	—
	5	残部	3.2	3	4				3500	400	—	0	—
	6	残部	4	3	4				3000	400	—	0	—
	7	残部	3	2	4				3000	400	—	7	—
	8	残部	3	2.5	4				3500	400	—	7	—
	9	残部	3	3	4				4000	400	—	0	—
	10	残部	3	3.5	4				4000	400	—	0	—
	11	残部	3	4	4				3500	400	—	0	—
	12	残部	3	4	5				3000	400	—	13	—
	13	残部	3	3	2				2500	400	—	7	—
	14	残部	3	3	3				3500	400	—	0	—
	15	残部	3	3	3.5				4000	400	—	0	—
	16	残部	3	3	4.5				3500	400	—	0	—
	17	残部	3	3	5				2500	400	—	7	—
	18	残部	3	3	4	0.02			3500	400	200	—	○
	19	残部	3	3	4	0.05			3500	450	250	—	○
	20	残部	3	3	4	0.1			3500	≧500	300	—	○
	21	残部	3	3	4	0.15			3500	≧500	350	—	○
	22	残部	3	3	4	0.2			3500	≧500	350	—	△
	23	残部	3	3	4	0.3			3500	≧500	350	—	×
	24	残部	3	3	4		0.02		3500	400	200	—	○
	25	残部	3	3	4		0.05		3500	450	250	—	○
	26	残部	3	3	4		0.1		3500	≧500	300	—	○
	27	残部	3	3	4		0.15		3500	≧500	350	—	○
	28	残部	3	3	4		0.2		3500	≧500	350	—	△
	29	残部	3	3	4		0.3		3500	≧500	350	—	×
	30	残部	3	3	4			0.02	3500	≧500	200	—	○
	31	残部	3	3	4			0.1	3500	≧500	400	—	△
	32	残部	3	3	4	0.05	0.05		3500	≧500	400	—	○
	33	残部	3	3	4	0.1	0.1		3500	≧500	≧500	—	○
	34	残部	3	3	4		0.1	0.05	3500	≧500	≧500	—	○
	35	残部	3	3	4	0.1		0.05	3500	≧500	≧500	—	○
	36	残部	3	4	3				4000	400	—	0	—
	37	残部	3	4	2				2500	400	—	7	—
	38	残部	3	2.5	2.5				2000	400	—	7	—
	39	残部	3	2	3				2000	400	—	7	—
	40	残部	3	2.5	4.5				2500	400	—	7	—
	41	残部	3	2	5				2500	400	—	13	—
比較例	1	残部	1.5	3	4				1500	400	—	7	—
	2	残部	3	1.5	1.5				1000	200	—	33	—
	3	残部	3	1.5	4				1500	300	—	20	—
	4	残部	3	7	4				1500	100	—	27	—
	5	残部	3	7	7				500	100	—	33	—
	6	残部	3	3	1.5				2000	300	—	20	—
	7	残部	3	3	7				500	100	—	20	—
	8	残部	3	5	4				3000	400	—	20	—
	9	残部	4	4	6				500	300	—	20	—
	10	残部	3	4	1.5				2000	300	—	20	—

[0068] 図4は、本発明実施例の電流を通電する前の銅ランドの状態を示す電子顕

微鏡写真である。

図5は、本発明実施例の125℃、20 A通電後に、抵抗値が5%上昇した銅ランドの状態を示す電子顕微鏡写真である。

[0069] 図6は、本発明実施例の125℃、20 A通電後に、抵抗値が10%上昇した銅ランドの状態を示す電子顕微鏡写真である。

図5、図6は、通電試験前の図4と比較すると、エレクトロマイグレーションにより、回路基板のCuランドがかなり薄くなっていた。そして、図5および図6からは、はんだ継手において、黒い領域として示される継手の一部で破断が起こっていることがわかる。この領域では、はんだ継手と、回路基板のCuランドとの間は、もはや接続されていない。

[0070] なお、本発明によるはんだ継手に用いたSnAgBiIn合金が、SnAgCu合金またはSnCu合金のいずれよりもはるかに優れた耐疲労性を備えていることは確認した。

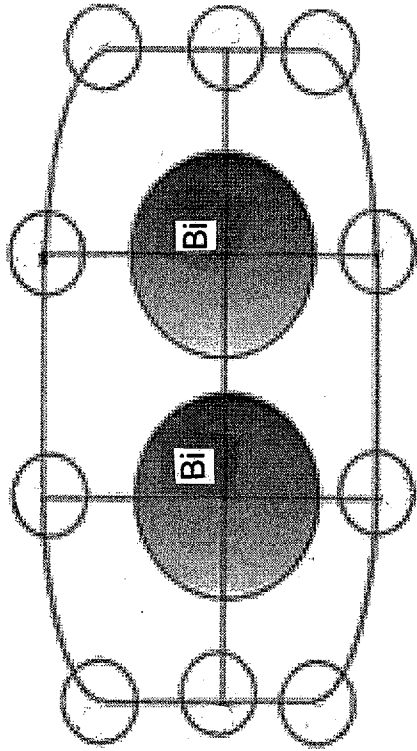
以上説明した実験結果から、本発明にかかるはんだ継手は、5~100 kA/cm²の範囲の電流密度で長期間使用しても、エレクトロマイグレーションは実質上起こらないことが分かる。そして同時に、それらは、耐ヒートサイクル性、そして耐疲労性に優れている。したがって、本発明にかかるはんだ継手は、電流密度が高い大きな電流で動作する電子機器、例えばパワートランジスタおよびその他の電力機器などに用いるに特に適する。

請求の範囲

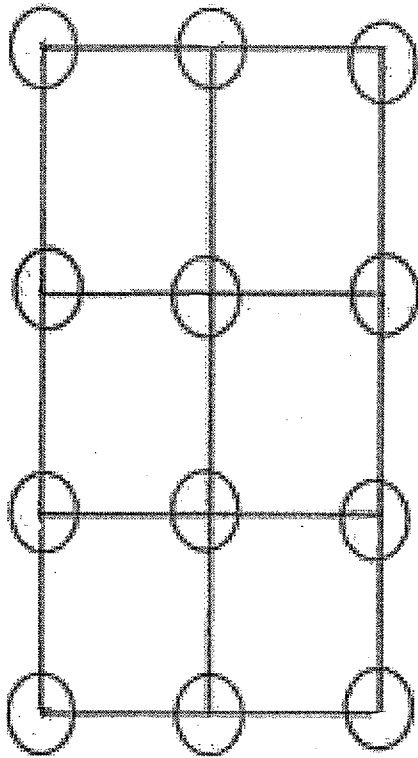
- [請求項1] 5～100 kA/cm²の電流密度の電流が流れる継手を有する電子デバイス用のはんだ合金であって、2～4質量%のAg, 2～4質量%のBi, 2～5質量%のIn、残部Snから本質的に構成されるはんだ合金。
- [請求項2] 2.5～3.5質量%のAg, 2～3質量%のBi, 3～4質量%のIn、残部Snから本質的に構成される請求項1に記載のはんだ合金。
- [請求項3] さらに、0.01～0.3質量%のNi、および0.01～0.32質量%のCo、0.01～0.1質量%のFeから選択された1種以上を含有する請求項1または2に記載のはんだ合金。
- [請求項4] 2～4質量%のAg, 2～4質量%のBi, 2～5質量%のIn、残部Snから本質的になるはんだ合金から作られたはんだ継手であって、電子デバイス内部のはんだ継手、または電子デバイスに接続されたはんだ継手であり、当該はんだ継手の少なくとも一部に5～100 kA/cm²の電流密度の電流が流れることを特徴とするはんだ継手。
- [請求項5] 前記はんだ継手は、2～4質量%のAg, 2～4質量%のBi, 2～5質量%のIn、残部Snから本質的になるはんだ合金に、さらに0.01～0.3質量%のNi、0.01～0.32質量%のCo、および0.01～0.1質量%のFeの少なくとも一種を含有するはんだ合金から作られた請求項4記載のはんだ継手。
- [請求項6] デバイス内部に、2～4質量%のAg, 2～4質量%のBi, 2～5質量%のIn、残部Snから本質的になるはんだ合金から作られたはんだ継手を有し、継手の少なくとも一部に5～100 kA/cm²の電流密度が流れることを特徴とするパワーデバイス。

[図1]

(b)

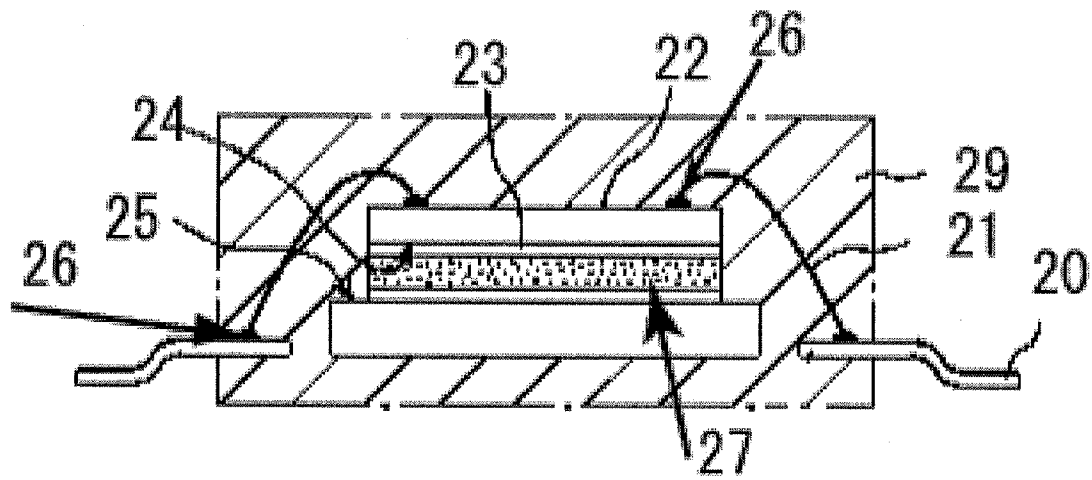


(a)

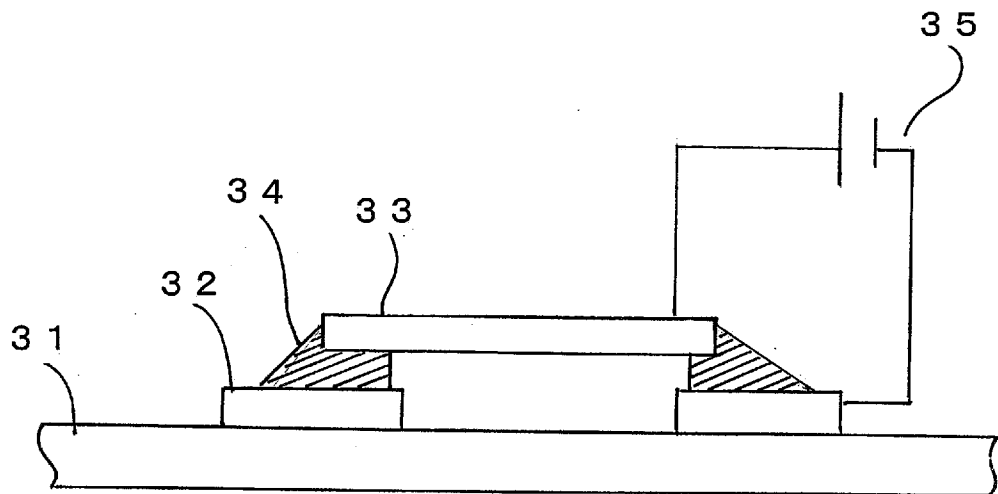


○:Sn

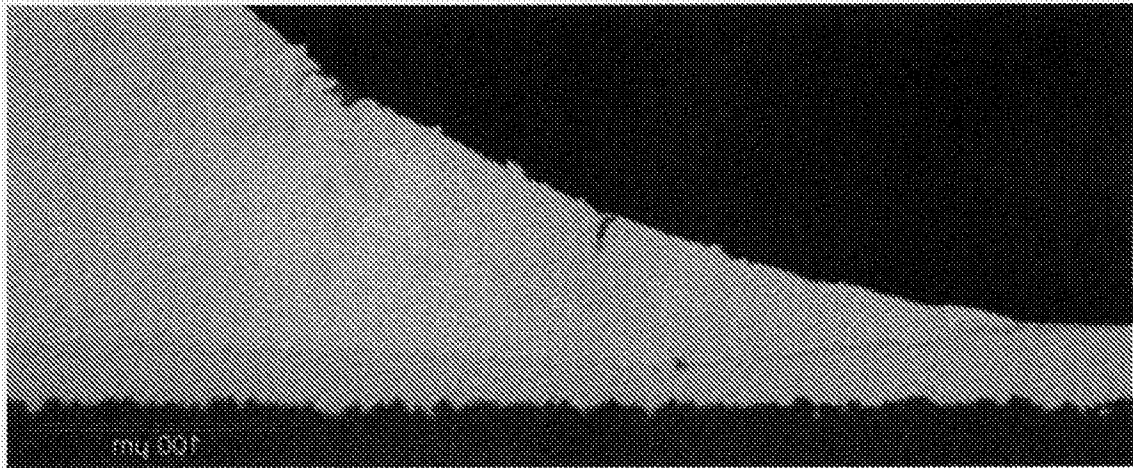
[図2]



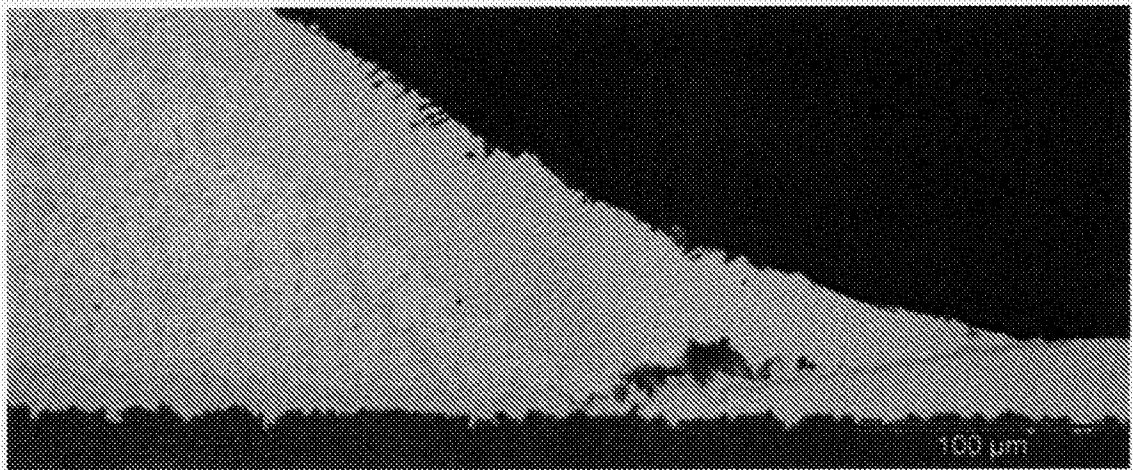
[図3]



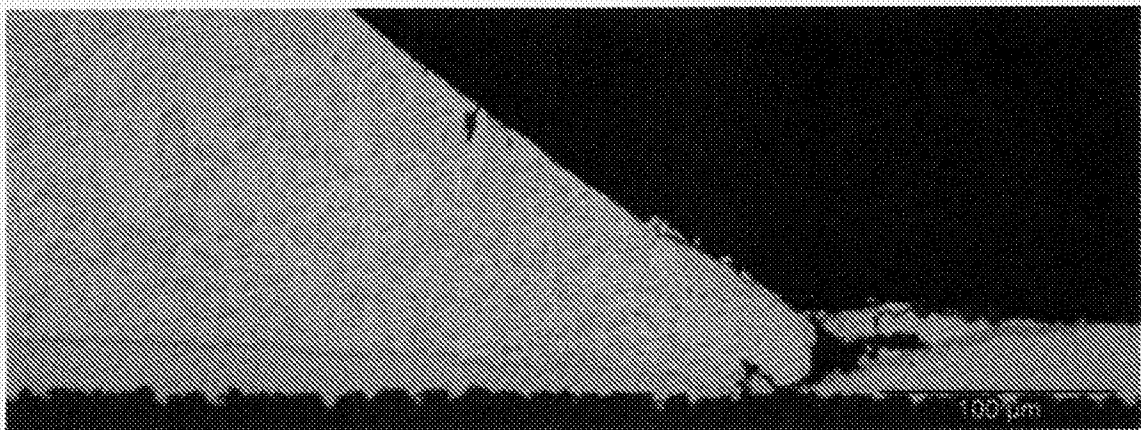
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K35/26(2006.01)i, C22C13/00(2006.01)i, C22C13/02(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, C22C13/00, C22C13/02, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y	WO 2000/018536 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 April 2000 (06.04.2000), claims; page 9, line 2 to page 12, line 17; tables 11 to 13, 15, 16, 19, 20 & JP 2000-173253 A	1, 2, 4, 6
Y	JP 2002-96191 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 April 2002 (02.04.2002), claims; paragraphs [0002], [0028]; tables 12 to 16 & WO 2002/022302 A1 & US 2003/0015575 A1 & CN 1392817 A	3, 5

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 25 April, 2012 (25.04.12)	Date of mailing of the international search report 15 May, 2012 (15.05.12)
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, C22C13/00(2006.01)i, C22C13/02(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, C22C13/00, C22C13/02, 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 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
Y	WO 2000/018536 A1 (松下電器産業株式会社) 2000.04.06, 請求の範囲, 第9頁第2行-第12頁第17行, 第11-13, 15, 16, 19, 20 表 & JP 2000-173253 A	1, 2, 4, 6
Y	JP 2002-96191 A (松下電器産業株式会社) 2002.04.02, 【特許請求の範囲】, 【0002】, 【0028】, 【表12】 - 【表16】 & WO 2002/022302 A1 & US 2003/0015575 A1 & CN 1392817 A	3, 5

C欄の続きにも文献が列挙されている。 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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 25.04.2012	国際調査報告の発送日 15.05.2012
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) 田口 裕健 電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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
Y	JP 2010-123873 A (三洋電機株式会社) 2010. 06. 03, 【0024】 , 【0038】 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 10-71488 A (三井金属鉱業株式会社) 1998. 03. 17, 【特許請求の範囲】 , 【表 1】 & US 5958333 A & EP 0826458 A1	1-6
A	JP 2001-71174 A (三井金属鉱業株式会社) 2001. 03. 21, 【特許請求の範囲】 , 【表 1】 , 【表 2】 & US 2001/0036420 A1 & EP 1083020 A2	1-6