

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5871450号  
(P5871450)

(45) 発行日 平成28年3月1日(2016.3.1)

(24) 登録日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>B 2 3 K 35/30 (2006.01)</b>	B 2 3 K 35/30 3 1 0 B
<b>B 2 3 K 1/00 (2006.01)</b>	B 2 3 K 1/00 3 1 0 B
<b>B 2 3 K 35/14 (2006.01)</b>	B 2 3 K 1/00 3 3 0 E
<b>B 2 3 K 35/22 (2006.01)</b>	B 2 3 K 35/14 Z
<b>C 2 2 C 5/06 (2006.01)</b>	B 2 3 K 35/22 3 1 0 A
請求項の数 23 (全 18 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2009-547374 (P2009-547374)	(73) 特許権者	509206394
(86) (22) 出願日	平成20年1月22日(2008.1.22)		ユニヴァーシティー オブ メリーランド
(65) 公表番号	特表2010-516478 (P2010-516478A)		UNIVERSITY OF MARYLAND
(43) 公表日	平成22年5月20日(2010.5.20)		AND
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/051590		アメリカ合衆国 メリーランド州 207
(87) 国際公開番号	W02008/091825		42 カレッジパーク カレッジパーク
(87) 国際公開日	平成20年7月31日(2008.7.31)		ミッチェルビルディング 2130
審査請求日	平成23年1月6日(2011.1.6)	(74) 代理人	230115864
審査番号	不服2014-2011 (P2014-2011/J1)		弁護士 永島 孝明
審査請求日	平成26年2月4日(2014.2.4)	(74) 代理人	100149168
(31) 優先権主張番号	60/885,997		弁理士 若山 俊輔
(32) 優先日	平成19年1月22日(2007.1.22)	(72) 発明者	マックスキー エフ パトリック
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 メリーランド 2104
(31) 優先権主張番号	60/891,763		2 エリコットシティー セイントジョン
(32) 優先日	平成19年2月27日(2007.2.27)		ズレーン 2811
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温はんだ材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の融点温度が第二の融点温度を上回るような前記第一の融点温度を有する第一の金属と前記第二の融点温度を有する第二の金属とを含む複数の金属粒子を含有する前駆体材料を形成し、前記第一の金属及び前記第二の金属の少なくとも一方は、薄片形状の粒子からなり、

前記前駆体材料を前記第二の融点温度を上回るが前記第一の融点温度を下回りかつ使用温度(Ta)を下回る処理温度(Tp)に加熱し、

前記処理温度(Tp)を上回る融点温度(Tm)を有し、前記第一の金属と前記第二の金属とを含む金属合金材料を形成するため、予め設定された保持時間の間、前記前駆体材料を前記処理温度(Tp)にて定温に保ち、

前記金属合金材料が、少なくとも500の温度で安定性と接着の完全性を維持し、前記使用温度(Ta)が少なくとも400であり、かつ前記使用温度(Ta)の前記処理温度(Tp)に対する比が2より大きい(Ta/Tp>2)ことを特徴とするはんだ材料の形成方法。

【請求項 2】

前記前駆体材料は、さらに、ペースト材料を形成するために金属粒子と混合されたバインダー材料を含むことを特徴とする請求項1に記載のはんだ材料の形成方法。

【請求項 3】

前記バインダー材料がフラックス材料を含有することを特徴とする請求項2に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 4】

前記前駆体材料中に存在する前記バインダー材料の量が、当該前駆体材料の重量の約 5 % から約 15 % であることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 5】

前記前駆体材料中の前記金属粒子のサイズが約 50 ミクロンを超えないことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 6】

前記前駆体材料中の前記金属粒子のサイズが約 10 ミクロンを超えないことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 7】

前記前駆体材料中の前記第一の金属の量が、当該前駆体材料中の前記金属粒子の全重量の約 30 % から約 95 % であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 8】

前記第一の金属が、Ag、Cu及びAuのうちの一つであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 9】

前記第二の金属が、In、Sn及びGaのうちの一つであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 10】

前記第一の金属がAgであり、前記第二の金属がInであることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 11】

前記前駆体材料が、当該前駆体材料中の前記金属粒子の重量の約 75 % の量のAgを含み、当該前駆体材料中の前記金属粒子の重量の約 25 % の量のInを含むことを特徴とする請求項 10 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 12】

前記処理温度 (Tp) が約 200 から約 400 であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れかに記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 13】

前記処理温度 (Tp) が約 250 から約 300 であることを特徴とする請求項 12 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 14】

前記前駆体材料が、毎秒約 0.4 から毎秒約 2 の加熱率で前記処理温度 (Tp) に加熱されることを特徴とする請求項 13 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 15】

前記前駆体材料が、約 20 分から約 90 分の保持時間の間、前記処理温度 (Tp) にて定温に保持されることを特徴とする請求項 14 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 16】

前記前駆体材料が、約 45 分から約 60 分の保持時間の間、前記処理温度 (Tp) にて定温に保持されることを特徴とする請求項 15 に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 17】

前記前駆体材料が、さらに、前記第一の融点温度を下回る第三の融点温度を有する第三の金属の金属粒子を含み、また形成された金属合金が、さらに、当該第三の金属を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 16 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 18】

前記金属合金材料の融点が少なくとも約 250 であることを特徴とする請求項 1 乃至 17 の何れか 1 項に記載のはんだ材料の形成方法。

## 【請求項 19】

一つに接続される第一の部品と第二の部品を準備し、

10

20

30

40

50

第一の融点温度が第二の融点温度を上回るような前記第一の融点温度を有する第一の金属と前記第二の融点温度を有する第二の金属を含有し、前記第一の金属及び前記第二の金属の少なくとも一方が薄片形状の粒子からなるものである前駆体材料を前記第一の部品の表面に設け、

前記第二の部品を、前記前駆体材料を含む前記第一の部品の表面に設け、

前記前駆体材料を前記第二の融点温度を上回るが前記第一の融点温度を下回り且つ使用温度 ( $T_a$ ) を下回る処理温度 ( $T_p$ ) に加熱し、

前記処理温度 ( $T_p$ ) を上回る融点温度 ( $T_m$ ) を有し、前記第一の部品を前記第二の部品に接続する金属合金材料であって、少なくとも 500 の温度で安定性と接着の完全性を維持する金属合金材料を形成するため、予め設定された保持時間の間、前記前駆体材料を前記処理温度 ( $T_p$ ) にて定温に保ち、

前記使用温度 ( $T_a$ ) が少なくとも 400 であり、かつ前記使用温度 ( $T_a$ ) の前記処理温度 ( $T_p$ ) に対する比が 2 より大きい ( $T_a/T_p > 2$ ) ことを特徴とする 2 つの部品を 1 つに接続するはんだ結合の形成工程を含む装置の製造方法。

【請求項 20】

前記第一の金属が Ag であり、前記第二の金属が In であることを特徴とする請求項 19 に記載の装置の製造方法。

【請求項 21】

前記第一の金属が Ag、Cu 及び Au のうちの一つであり、前記第二の金属が In、Sn 及び Ga のうちの一つであることを特徴とする請求項 19 に記載の装置の製造方法。

【請求項 22】

装置が電子装置から成ることを特徴とする請求項 19 乃至 21 の何れか 1 項に記載の装置の製造方法。

【請求項 23】

前記第一の部品が、基板、基体及び電子部品のうちの一つから成り、前記第二の部品が電子部品から成ることを特徴とする請求項 19 乃至 22 の何れか 1 項に記載の装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[ 関連出願との相互参照 ] 本出願は、2007年1月22日出願の「Ag - Inの液相拡散高温はんだペースト接着」という名称の米国仮特許出願第 60 / 885 , 997 号、及び 2007年2月27日出願の「Ag - Inの液相拡散高温はんだペースト接着による組立方法」という名称の米国仮特許出願第 60 / 891 , 763 号からの優先権を主張する。この二つの仮特許出願の開示事項を、援用により本書に組み込む。

【0002】

本発明は、二つの部品の接着又は付着の結合に使用するためのはんだ材料に関するものである。

【背景技術】

【0003】

二つ又はそれ以上の部品を相互に接着又は結合するために接続材料を使用することは、電子回路パッケージの内部的における部品の接合、及び/又はパッケージ化された部品を電子機器用及び/又はその他の技術用の基板又は回路基板(例えば、半導体部品)に接合することを含む多くの様々な技術において必要とされている。

【0004】

よく知られた接着方法の一つは、金属合金はんだ材料を溶融し、リフローし、次いで固化して二つの部品を接着又は接続するはんだ付けプロセスである。このような装置の製造に用いられる従来のはんだ付けプロセスにおいては、はんだ材料は、設計及び仕様として定められた装置の使用温度範囲において接着を完全に維持するため、はんだ材料が安定化されるように十分な融点を有するものを選択しなければならない。とりわけ、装置の使用

10

20

30

40

50

中にはんだ材料が溶けることを避けるため、はんだ材料は、当該装置の仕様として定められた使用温度 ( $T_a$ ) よりも高い融点温度 ( $T_m$ ) を有するものが一般に選ばれる。さらに、ある装置の製造工程 (例えば、カスケードはんだ付けを利用する工程) において、最初のはんだ材料は、その後の工程の段階において再融解することを避けるために十分な融点温度を有するものでなければならない。

**【 0 0 0 5 】**

使用温度よりも高い融点を有するはんだ材料が選択されている用途においては、はんだ材料を使用して二つの部品を接続結合させるために使用される処理温度 ( $T_p$ ) は、融点温度よりも少なくとも約 300 の高い温度 (つまり、 $T_p = T_m + 30 > T_a$ ) が通常選択される。例えば、少なくとも約 300 の温度 ( $T_a = 300$ ) で動作することが予想される装置については、少なくとも約 370 の  $T_m$  及び約 400 の  $T_p$  を有するはんだ材料を使用することが望ましい。

10

**【 0 0 0 6 】**

高い使用温度を有する装置を製造するために要求される高い処理温度は、従来のはんだ付け接続プロセスで利用されるはんだ材料を用いた製造工程において、特注の設備を必要とし、また、全ての製造素材がこのような高い処理温度で取り扱うことができるものでなければならない。さらに、装置の組み立てに使用される様々な素材間の熱膨張率 (CTE) の違いによっては、装置を処理温度から室温へ冷却する際に、二つ又はそれ以上の素材の CTE の相違に起因する応力が、組立上の欠陥を引き起こし、潜在的な信頼性の問題を生じさせる可能性がある。

20

**【 0 0 0 7 】**

電子機器又はその他の装置において二つ又はそれ以上の部品を一つに結合するために使用され得る別の種類の接着方法は、金属粒子 (例えば銀) から形成される固相接合材による固相 - 固相焼結プロセスである。このような焼結プロセスは、固体の材料又は層を形成するように粒子を付着させ融合させるために高温及び外部の圧力 (40 MPa まで) を利用する。従来焼結プロセスを使用することに伴う深刻な問題は、粒子を付着させ融合させるために要求される高圧が、部品の一部に割れ目 (例えば基板又はダイのクラック) を引き起こす可能性があり、他方、低い圧力を使用すると、部品間の結合を弱めたり不整合にしたりする可能性があるということである。

**【 0 0 0 8 】**

さらに、電子機器又はその他の装置の接続材料についての別のアプローチは、マトリクスに分散された金属粒子を含むポリマーマトリクスを接続材料として使用することである。しかしながら、当技術分野で周知のこうしたポリマーマトリクスは、ある電子装置の通常の使用温度よりも低い遷移温度 (例えば、融点、ガラス点移転温度) を有しがちであり、このことは、装置の使用中に、ポリマーマトリクス接続材料の不安定化、分解又は溶解を引き起こす可能性がある。

30

**【 0 0 0 9 】**

したがって、装置 (例えば電子装置) において部品を一つに結合する上で効果的であり、かつ信頼性があり、装置の製造の容易性を促進しつつ、装置の高い使用温度において接続を完全に維持する接続材料を提供することが望まれている。

40

**【 発明の概要 】****【 0 0 1 0 】**

本発明によれば、はんだ材料は、液相拡散焼結法 (Transient Liquid Phase Sintering process) を利用して形成される。第一の融点温度を有する第一の金属及び第二の融点温度を有する第二の金属を含む複数の金属粒子から成る前駆体材料が最初に形成される。第一の融点温度は第二の融点温度よりも高い。前駆体材料は、第二の融点温度よりも高く、第一の融点温度よりも低い処理温度 ( $T_p$ ) に加熱され、処理温度よりも高い融点温度を有する金属合金材料を形成するように、予め設定された保持時間の間、処理温度 ( $T_p$ ) にて定温に保たれる。

**【 0 0 1 1 】**

50

前駆体材料は、前駆体材料がペースト状になるように、金属粒子と混ぜ合わされた結合剤を含むことが好ましい。

【0012】

はんだ材料は、好ましくは少なくとも約180の使用温度( $T_a$ )が仕様として定められた装置において、二つの部品を一つに接着するために使用することができる。 $T_a/T_p$ は1より大きくしてもよい。

【0013】

第一及び第二の金属(さらに任意で追加)の適切な組み合わせによって、その結果として得られる金属合金のはんだ材料の融点温度が、当該金属合金が形成される処理温度を上回るような金属合金を形成することができる。例えば、第一の金属は、銀(Ag)、銅(Cu)及び金(Au)を含み得るものであり、第二の金属は、インジウム(In)、ガリウム(Ga)及びスズ(Sn)を含み得るものである。

【0014】

本発明の上記の特徴と利点及び更なる特徴と利点は、以下に述べるその具体的な実施例の詳細な説明を、特に添付の図面と合わせて検討すれば、明らかとなるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、Ag-In組成物の各組成における融点を示すAg-Inの平衡状態図である。

【図2】図2は、はんだ材料を形成するために使用された粉末の中のAg粒子の走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。

【図3】図3は、はんだ材料を形成するために使用された粉末の中のIn粒子の走査型電子顕微鏡写真(SEM)である。

【図4A】図4Aは、250の $T_p$ と1分の保持時間でAg-Inのはんだペーストからはんだ材料を形成した際のTLP S方法についての示差走査熱量計(DSC)の測定結果である。

【図4B】図4Bは、250の $T_p$ と60分の保持時間でAg-Inのはんだペーストからはんだ材料を形成した際のTLP S工程についての示差走査熱量計(DSC)の測定結果である。

【図5】図5は、TLP S工程を利用して基板に形成されたAg-Inのはんだ接合の走査型電子顕微鏡写真(SEM)である。

【図6】図6は、異なるペーストを用い、様々な保持時間のTLP S工程を使用して形成された金属合金はんだ材料中の低融点のInリッチ相を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明によれば、液相拡散焼結法(TLP S)の工程を使用して、第一の温度の融点を有する第一の金属と第一の温度を大きく下回る第二の温度の融点を有する第二の金属とを含む少なくとも二つの金属を化合して形成される高温のはんだ材料が提供される。TLP S工程において、少なくとも二つの部品の間の接続又は接続結合を実現する金属合金はんだ材料を形成するため、はんだ材料を形成するために使用される金属粒子は加熱され、次いで、十分な時間、第二の温度を上回るが第一の温度を大きく下回る処理温度にて定温に保たれる。接続結合が形成されると、固化した金属合金はんだ材料の融点は、結果として、第二の温度を大きく上回る(つまり、第二の金属の融点を大きく上回る)。その結果、はんだ材料が使用可能で、その接着を完全に維持できる使用温度( $T_a$ ) (つまり、装置の仕様として予定され又は定められた使用温度)が、接続結合を形成するために使用される処理温度を大きく上回ることとなる。

【0017】

本書において使用される場合、融点温度( $T_m$ )とは、金属又は金属合金が個体から液体へと相転移をし始める温度をいう。処理温度( $T_p$ )とは、金属合金はんだ材料が、金属粉末を含む前駆体材料から形成される温度又は温度領域、及び/又は、装置の製造中に二つの部品の間の接続又は接着結合を実現する温度又は温度領域をいう。使用温度( $T_a$ )とは

10

20

30

40

50

、高温の金属合金はんだ材料が、溶融せずに、かつ二つの部品を一体に結合することについてその完全性を大きく劣化又は喪失することなく、使用され得る温度をいう。特に、使用温度 ( $T_a$ ) は、本発明の高温のはんだ材料を利用して形成される接続結合を少なくとも一つ含む装置を使用することが見込まれ又は仕様として定められている温度又は温度領域をいう。本発明に従って形成される金属合金材料の融点温度 ( $T_m$ ) は、当該金属合金材料が形成される処理温度 ( $T_p$ ) を少なくとも約 50 上回ることが望ましい。さらに、本発明に従って形成される金属合金材料の融点温度 ( $T_m$ ) は、使用温度 ( $T_a$ ) を少なくとも約 30 上回る。

【0018】

高温のはんだ材料は、少なくとも他の又は第二の金属を十分に上回り、かつ金属合金材料を形成するために使用される処理温度 ( $T_p$ ) をさらに上回る融点温度 ( $T_m$ ) を有する第一の金属を含む適切な金属合金をもって形成することができる。さらに、第一の金属の融点温度 ( $T_m$ ) は、合金を形成する工程において、第二の金属が融解して固相及び液相の金属部分の拡散を促し、それによって  $T_a$  及び  $T_p$  を上回る  $T_m$  を有する合金材料が形成されるように使用されたはんだ材料を有する装置の使用温度 ( $T_a$ ) を上回ることが好ましい。

【0019】

本発明の高温のはんだ材料を形成する際に上記の第一の金属として使用することが可能な高温の融点温度を有する適切な金属としては、銀 (Ag)、銅 (Cu) 及び金 (Au) が含まれる。本発明のはんだ材料を形成するために使用することが可能な第一の金属よりも低い融点 (つまり、最も高温の融点の金属よりも低い融点) を有する適切な金属としては、インジウム (In)、ガリウム (Ga) 及びスズ (Sn) が含まれる。例えば、高い融点のはんだ材料の合金を形成するために使用することが可能な第一の金属と第二の金属の組み合わせとしては、Ag - In、Ag - Sn、Ag - Ga、Cu - Sn、Cu - Ga、Au - In、Au - Sn等が含まれる。さらに、少なくとも最も高い融点の金属が、金属合金を形成するために使用される処理温度 ( $T_p$ ) を上回り、かつ少なくとも最も低い融点の金属が、かかる処理温度 ( $T_p$ ) を下回る限りにおいて、三つ又はそれ以上の金属の組み合わせも使用することができる。

【0020】

本発明の高温のはんだ材料の金属合金を形成するために使用され得る高い融点の金属と低い融点の金属の適切な組み合わせは、結果として得られる当該金属合金の融点温度 ( $T_m$ ) が、当該合金及び接続結合を形成するために使用される処理温度 ( $T_p$ ) を上回る (つまり、 $T_m > T_p$  又は  $T_m / T_p > 1$  となる) ように選択される。形成される高温の金属合金は、少なくとも約 250 の  $T_m$  を有することが好ましい。また、形成される高温の金属合金は、少なくとも約 400 の  $T_m$  を有することがより一層好ましい。

【0021】

さらに、高温のはんだ材料は、使用温度 ( $T_a$ ) よりも低い処理温度 ( $T_p$ ) でも形成することもできる。以下においてさらに述べるように、本書において述べられている高温のはんだ材料は、 $T_m > T_a > T_p$  ( $T_a$  は少なくとも約 180 であり、かつ  $T_a / T_p > 1$  である) となるように形成することもできる。

【0022】

高温のはんだ材料は、管理された粒子のサイズ (例えば直径) 及び形状 (例えば円形又は不整形) を有する金属の粉末又は粒子から形成されることが望ましい。結果として得られる金属合金のはんだ材料中に存在し得る高い融点の金属の量は、当該はんだ材料中の金属の総重量の約 30% から約 95% の範囲に入り得る。例えば、第一の金属が Ag、Cu 又は Au であり、第二の金属が In 又は Sn である二つの金属合金において、第一の (高い融点の) 金属と第二の (低い融点の) 金属の量の比率は、はんだ材料中の金属合金の総重量に基づいて、30対70、40対60、50対50、60対40、70対30、80対20、90対10及び95対5 (重量パーセント) と変化し得る。例えば、本発明に従って形成される Ag - In の金属合金の組み合わせの場合、60対40、70対30、80対20、90対10及び95対5の重量パーセント (Agの重量パーセント / Inの重量パーセント) において、効果的な金属合金のはんだ接合を形成するために使用できることが確認されている

10

20

30

40

50

## 【0023】

粉末の形態による金属粒子は、概ね均一な混合体（高温のはんだ合金の材料を形成するための前駆体材料として使用される）を形成するために混合される。金属粒子は、実質的に混じり気がなく、その粒子のサイズ（例えば直径）が約50ナノメートル（nm）から約50マイクロメートル（ミクロン）の範囲内であることが好ましく、約500ナノメートルから約25ミクロンの範囲内であることがより好ましく、約1ミクロンから約10ミクロンであることがより一層好ましい。典型的な実施例においては、金属粒子のサイズは約1ミクロンを超えない範囲に含まれる。上述のいずれかの範囲に含まれるようなサイズ範囲の粒子は、例えば、従来の方法又はその他の適切な方法によって得ることができる。例えば、特定のサイズの範囲を有する金属粒子は、一つ又は複数の網目スクリーン（網目のサイズが異なるもの）を使用するふるい分け技術又はスクリーニング技術を使用して得ることができる。

10

## 【0024】

金属粒子は、概ね円形かつ球形のものから、ひも状又は不整形の形状のもの、さらには細長い又は薄片の形状のものに至るまでの幾何学的な外形又は形状を有していてもよい。概ね円形かつ球形の粒子の形状の場合、粒子のサイズは粒子の直径によって概ね特徴づけることが可能であるが、これに対して、最大の寸法（長さ又は幅）は、ひも状又は不整形の形状の粒子を特徴づけるために使用することができる。少なくとも、粉末の混合物を形成するために利用される低い融点の金属粒子（例えば、In又はSn）は、合金材料の形成の間、金属の溶融と拡散を増進するために、粒子ごとに高い表面積を有するように不整形な形状又は細長い若しくは薄片の形状であることが望ましい。さらに、高い融点の金属も、合金の形成の間、金属間の加熱と拡散の工程を増進するために、ひも状若しくは不整形の形状又は細長い若しくは薄片の形状で提供することもできる。

20

## 【0025】

はんだの前駆体材料は、緩やかな、又はぎっしり詰められた、粉末の混合物の形態とすることができる。また、前駆体材料は、金属粉末の混合物を結合して前駆体はんだペースト材料を形成するためのバインダー材料を含有させることもできる。バインダー材料は、さらに合金を形成するための処理において、金属の流れと拡散を強化することもできる。バインダー材料は、環境に優しく、さらに合金形成の工程にとって比較的の不活発であるオイル（例えば魚油）から成るものとすることができる。バインダー材料は、高温処理の間、また保存の間、金属の酸化を抑制する適切な活性剤（それによりペーストの保存期間を延ばす）で形成されるフラックス材料から成るものとすることもできる。

30

## 【0026】

フラックス材料は、適切な活性剤を含み得る。例えば、フラックスの基剤又は媒介物として働く天然又は合成のロジン又は樹脂がフラックス材料の体積の約75%である場合、活性剤はフラックス材料の体積の約0.5%である。ロジンは、特に高温で、ペーストの流動特性において役割を果たし、ペースト材料に対して「粘着性」等の一定の物理的特性を与える。ロジンは、フラックスに「粘り」を与え、最終的にはペーストの流動特性に寄与する。例として、ロジンベースのフラックスの中のロジンは、フラックスの重量に対して、約34%のアビエチン酸、約24%のデヒドロアビエチン酸、及び約9%のパルストリン酸を含み得る。これらの天然又は合成のロジン又は樹脂もまたフラックスの活性度に寄与するが、追加の活性剤をシステムの洗浄力を向上させるために提供することもできる。活性剤は、フラックスに対して、浄化能力、つまり、はんだ付けされている表面から酸化物を除去する能力を与える。活性剤は、無機酸、無機塩、アミン、有機酸、及び酸化物と曇りを削減又は除去する能力を有するその他の物質を含む多種多様な化学物質から選ぶことができる。前駆体はんだペースト材料の形成において使用するための望ましいフラックス材料は、例えば、インジウム・コーポレーション（ニューヨーク）からTAC Flux 007という商品名で販売されている市販のRMAフラックス材料のように、無洗浄（つまり、フラックスの残留物が良性及び/又はわずかな量）のロジンが穏やかに活性化される（R

40

50

MA) フラックスを含む。

【0027】

RMAフラックスのようなバインダー材料を含むはんだペーストの形成により、はんだ材料は接続結合関係の形成のために提供及び使用しやすいものとなる。例えば、はんだペースト材料は、基板（例えば回路基板）、基体、又はステンシル印刷若しくはその他の第二の部品（例えば、半導体ダイ又はチップ、パッケージ化された部品又はその他の種類の電子部品）がはんだ材料により基体に結合される供給技術のような従来の技術を使用するその他の部品の表面に容易に塗布することができる。従来のはんだに使用される従来のフラックス材料の場合と同様に、バインダー材料（例えば、無洗浄RMAフラックス材料等のフラックス材料）は、はんだ材料の接続結合を形成するために使用される高い処理温度の結果として、はんだ材料から実質的に又は完全に除去される。

10

【0028】

バインダー材料は、はんだペースト材料の総重量の約5%から約15%の量において供給されることが望ましい。この場合、はんだペースト材料中の金属粉末は、はんだペースト材料の総重量の約85%から95%の範囲において存在する。バインダー材料は、はんだペースト材料の総重量の約8%から約12%の量において供給されることが一層望ましい。この場合、はんだペースト材料中の金属粉末は、はんだペースト材料の総重量の約88%から92%の範囲において存在する。

【0029】

上記のように、金属粉末の混合物又はペースト材料（金属粉末の混合物を有するバインダー材料を含む）は、本発明の高温はんだ材料を形成するために熱処理される必要がある前駆体材料である。液相拡散焼結法（TLPS）の工程は、前駆体材料を高い融点のはんだ材料に変換するために利用される。この工程において、前駆体材料は、予め設定された保持温度又は処理温度（ $T_p$ ）が得られるまで、選択された加熱率で加熱され、次いで、合金を形成するために金属の間の適切な拡散を確保するために、予め設定された時間、当該処理温度（ $T_p$ ）にて定温に保たれる。処理温度（ $T_p$ ）は、少なくとも前駆体材料の最も高い融点の金属の融点温度（ $T_m$ ）の値と、少なくとも前駆体材料の最も低い融点の金属の融点温度（ $T_m$ ）の値との間にある適切な値に設定される。この場合、処理温度（ $T_p$ ）は、少なくとも最も低い融点の金属の融点温度（ $T_m$ ）の値を少なくとも30 上回ることが望ましい。前駆体材料は、少なくとも最も低い融点の金属の液体への相転移を促進し、かつ金属合金の形成を開始するために十分な拡散が生ずることを可能とするように、十分な時間の間、処理温度（ $T_p$ ）にて定温に保たれる。

20

30

【0030】

TLPS工程において、保持時間の間、処理温度（ $T_p$ ）とすることにより、混合物の液体金属と固体金属の間の拡散の結果、金属合金が形成される。液体金属と固体金属の間の拡散は、固体金属の粉末の中の液体金属の毛管作用又は「ウィッキング」、並びに混合物の中の様々な金属の間の濃度勾配を少なくとも原因の一つとするものである。低い融点の一つ又は複数の金属の溶融速度及び加熱された物質内の金属の拡散は、処理温度（ $T_p$ ）、 $T_p$ での保持時間、合成物全体の中の金属の組成及び種類、粒子の形状（例えば、円形かつ球状の粒子、及び非球形又は不整形の粒子）等を含む多くの要因（例示のものに限定されない）によって影響されかつ制御され得る。

40

【0031】

処理温度（ $T_p$ ）は、合金の形成に使用される金属の組み合わせ及び量によって変化するが、処理温度（ $T_p$ ）は、約160 から約800 の範囲にあることが望ましく、また約200 から約400 の範囲にあることが一層望ましく、さらには約250 から約300 の範囲にあることがより一層望ましい。処理温度（ $T_p$ ）の値が低い場合は、合金内の金属の間の適切な拡散と金属合金内の低融点部分の割合（つまり、低融点の金属が高濃度で含有する合金内の部分の割合）の低減を十分に確保するため、処理温度（ $T_p$ ）の値が高い場合と比較して保持時間の期間が長くなる。しかしながら、保持時間は約5分から約120分の範囲内とすることが望ましく、また約20分から約90分の範囲内とすること

50



が一層望ましく、さらには約45分から約60分の範囲内とすることが最も望ましい。模範的な保持時間は約60分である。加熱速度（及び選択的に、その後の冷却速度）は、毎秒約0.4から毎秒約2の間の速度で制御され得る。模範的な加熱速度（及び選択的に、その後の冷却速度）は毎秒約0.5と1である。

#### 【0032】

合成物は、（液体金属と固体金属の間の拡散のために）予め選択された保持時間の間、処理温度（ $T_p$ ）にて保たれて、金属合金が形成されている間に凝固する。結果として得られた金属合金は、合成物内の金属の融点温度（ $T_m$ ）の最も高い値と最も低い値の間で、高い融点温度（ $T_m$ ）を有するように形成される。上述したように、適切な金属粉末の前駆体合成物（又は適切なペースト前駆体合成物）を選択することで、TLP S工程によって処理温度（ $T_p$ ）を上回る融点温度（ $T_m$ ）を持つ高温はんだ材料を生じさせる。また、使用温度（ $T_a$ ）が処理温度（ $T_p$ ）を上回る用途（つまり、 $T_a/T_p > 1$ ）におけるはんだ材料の使用も促進される。

10

#### 【0033】

本発明による前駆体ペースト材料及びTLP S工程を用いたはんだ接合を形成する際に、少量のはんだ材料ペーストを基板、基体又は結合部位として働くその他の部品の表面に容易（例えばステンシル印刷技術を通じて）に塗布することができる。塗布されるはんだ材料ペーストの厚さは、はんだペーストの組成と用途によって変わる。しかしながら、はんだ材料ペーストの典型的な厚さは、約50ミクロン（約2ミル）から約254ミクロン（約10ミル）の間の範囲であり、望ましくは約100ミクロン（約4ミル）から約204ミクロン（約8ミル）の範囲とすることができる。次いで第二の部品が、上述したようなTLP S工程を実行することによって、処理温度（ $T_p$ ）を上回る高い融点温度（ $T_m$ ）のはんだ接合が形成され、はんだ材料ペーストの層に接続される。形成される金属合金はんだ接合の厚さは、約25ミクロン（約1ミル）から約127ミクロン（約5ミル）の間の範囲であり、望ましくは約50ミクロン（約2ミル）から約100ミクロン（約4ミル）の範囲である。

20

#### 【0034】

上述したように、高温の金属合金はんだ材料は、多くの様々な表面（例えば、基板、基体又は部品の表面）に設け、電子部品間の多くの様々なタイプの結合（例えば、半導体ダイ又はチップの相互の結合又は基板若しくは基体の表面との結合、セラミックパッケージ部品の基板、内部及び/又は外部の相互接続構造との結合等）の形成を容易にすることができる。さらに、高温の金属合金はんだ材料は、その他のタイプの部品又は装置を一つに結合することもできる。例えば、高温の金属合金はんだ材料は、配管構造（例えば水道管）を形成するためのはんだ接合、又は一つに結合されるその他のタイプの部品の間のはんだ接合を形成するために使用することができる。

30

#### 【0035】

本発明に従って提供されるTLP S工程は、少なくとも次の点において従来の焼結法の工程とは異なる。従来の焼結法の工程においては、金属粒子の固-固結合が求められ、物質には高温と高い外圧とが組み合わされて印加されることが必要であった。本発明のTLP S工程においては、工程の間に低い融点温度（ $T_m$ ）の金属が溶融して、毛管作用によって固体金属の粒子の間を流れる液相が提供され、合金を形成するために外圧は要求されない。これは、液体金属が合成物の緻密化を強化する湿潤力を提供する（つまり、液体金属の湿潤力が外圧の必要性を解消する）からである。さらに、液体金属は、従来の焼結法の工程において生ずる固-固物質移送と比較して、合成物内の金属の物質移送の速度を速くするのである。

40

#### 【0036】

本発明に従って形成されるはんだ材料は、複数の部品を一つに結合するために使用される従来のはんだ又はその他の接続材料よりも多くの利点を備えている。例えば、本発明に従って少なくとも一つの高い融点の金属を、少なくとも一つの低い融点の金属と組み合わせること（例えば、上記のような金属の組み合わせ）は、はんだ材料の形成のために使用

50

される処理温度 ( $T_p$ ) の値を大きく上回る使用温度 ( $T_a$ ) にはんだ材料を使用しやすくするために十分高い融点温度 ( $T_m$ ) の合金材料を生み出し、そしてそれ自体が、従来のリフローはんだ材料に関連した接続結合を形成するために必要とされる処理温度 ( $T_p$ ) を下げる。本発明に従って形成される高温のはんだ材料は、少なくとも約 180 の使用温度 ( $T_a$ ) の値を含む様々な使用温度 ( $T_a$ ) の値にて高温安定性を有する。例えば、本発明に従って形成されるはんだ材料は、約 500、約 550、さらには約 600 もの高さの使用温度 ( $T_a$ ) の値にて装置において接続材料又は接着材料として使用できるものとして実証されている。さらに、上記の組み合わせのような金属の組み合わせは、金属合金はんだ材料中の最も高い融点の金属の融点を約 50 下回る使用温度を含む高い使用温度 ( $T_a$ ) の値で使用することができる本発明の高温のはんだ材料が形成されることが予想される。例えば、本発明に従って形成される Ag を含む金属合金はんだ材料 (例えば、Ag と Sn の組み合わせ) において、当該金属合金はんだ材料の使用温度は、約 912 の高さまでなり得る (なぜなら、Ag の融点温度は 962 だからである)。

10

## 【0037】

上述のように、従来のリフローはんだ材料は、はんだの融点 ( $T_m$ ) を上回り、ひいては従来のはんだ材料が使用できる最大の使用温度 ( $T_a$ ) を上回る処理温度 ( $T_p$ ) が必要とされる (つまり、従来のはんだ材料では、 $T_p > T_m > T_a$  となる)。それゆえ、はんだ接合を形成するため、及びはんだ接合を含む装置の使用中にはんだ接合の安定性と完全性を確保するために、従来のはんだ材料の  $T_m/T_p$  及び  $T_a/T_p$  の比率は 1 を下回らなければならない。

## 【0038】

20

上述のように、上記の T L P S 工程を使用して本発明に従って形成される高温のはんだ材料が形成されると、得られた金属合金はんだの融点が金属合金とはんだ接合を形成するために使用される処理温度を上回る (つまり、 $T_m/T_p > 1$ )。例えば、本発明に従って形成される Ag - In の組み合わせの金属合金はんだ材料の場合、 $T_m/T_p$  (金属合金の融点温度 / 金属合金が形成される処理温度) の比率は、約 1.5 を上回ることも、約 2 を上回ることも、さらには約 2.5 を上回ることも可能である。

## 【0039】

さらに、本発明の高温のはんだ材料は、 $T_a/T_p$  (金属合金はんだが使用される使用温度 / 金属合金が形成される処理温度) の比率が 1 を上回る特定のアプリケーションのために使用することができる。例えば、本書に記述する高温のはんだ材料は、 $T_a/T_p$  の値が約 2 である装置において、約 2.5 又はそれ以上の  $T_a/T_p$  の値を有して形成される高温のはんだ材料と共に使用することができる。従って、高温のはんだ材料は、従来のリフローはんだと関連して、一層低い処理温度 ( $T_p$ ) の値で、一層高い範囲の使用温度 ( $T_a$ ) の値 (これはより広い範囲の適用性を促進する) と共に処理することができる。

30

## 【0040】

さらに上述したように、本発明の高温はんだ材料を形成するために使用される T L P S 工程は、従来の焼結法の工程よりも多くの利点を提供する。かかる利点には、焼結法の工程において金属粉末の望ましい緻密化を得るために材料に圧力を加えなければならないという要件を解消するという利点が含まれるがそれに限られない。上述したように、T L P S 工程の最初の段階において形成される液体金属は、焼結法の工程において圧力を加えること (これは、焼結された金属材料が付着される基体、ダイ又は作業要素にとって有害なものとなり得る) を必要とせず、形成される合金材料の望ましい緻密化を実現する。

40

## 【0041】

さらに、製造工程において、異なった金属を含む層の間のインターフェースで液相焼結が生ずる可能性がある特定の平面的な薄膜堆積技術が、電子装置の製造業界において知られていることを指摘する。しかしながら、かかる技術は、層のインターフェースで金属の間の望ましい拡散を得るために、所要の厚さまで薄膜層の物理的又は化学的な気相成長を必要とする限定がある。このことは、本発明の工程と比べると、著しく複雑で時間がかかるものである。本発明においては、前駆体はんだ材料が基体の表面に提供されるのみで、T L P S 工程が、装置の製造工程において効率的なはんだ接合を得るために実行される。

50

さらに、上述したように、フラックスを含むはんだペースト材料を使用する際に、T L P S工程は無酸素大気又は酸素不活性大気を要求しない(なぜなら、フラックス媒体が、T L P S工程において金属が酸化することを防止するからである)。

【0042】

以下の実施例は、本発明に従って、T L P S工程を使用して高温のはんだ材料を形成することの有効性を示すものである。

【0043】

[実施例1] Ag-Inのはんだ材料の形成

融点温度( $T_m$ )の値が約962である銀(Ag)と、融点温度( $T_m$ )の値が約157であるインジウム(In)を使用してはんだ材料を形成した。AgとInの金属粉末を無洗浄RMAフラックス材料(インジウム・コーポレーション(ニューヨーク)からTAC Flux 007という商品名で販売されている市販のRMAフラックス材料)と混合して前駆体ペースト材料を形成した。

【0044】

上記のように、はんだ材料に供給される各金属の量又は組成は、選択された特定の金属と、はんだ材料が安定性を保って望ましい仕様に従って働くことを要求される望ましい使用温度( $T_a$ )のような要因とに基づいて決められる。Ag-Inの平衡状態図は図1に表されているが、この図から、Ag-In合金の中のAgとInの各組成におけるAg-In合金の融点に関して、有益な情報が得られる。本発明に従って形成されるAg-Inはんだ材料は、Inの融点温度( $T_m$ )の値を大きく上回る融点( $T_m$ )の金属合金を形成されることができ、当該はんだ材料に形成される金属合金の重量の約14%から約35%のInの含有量(つまり、当該合金におけるAgの重量パーセントは約65%から約86%となる)とすることが好ましい。

【0045】

金属粉末の重量に対し約75%のAgと約25%のInを含む粉末組成物が形成された。図1の平衡状態図を参照すると、かかるAg-Inの比率を利用することにより、約693の融点温度( $T_m$ )を有するAg-Inの合金が形成される。

【0046】

はんだペーストにおけるRMAフラックス材料の量は、ペースト材料の総重量(つまり、金属粉末とフラックス材料の総合重量)の約10%であった。

【0047】

AgとInの各々の粉末は、標準的なスクリーニング又はふるい分けの工程における(-325/+500)メッシュのサイズの粒子を含んでいた。これは、粒子の80%が約25ミクロンから約45ミクロンのサイズを有しており、粉末中のAgとInの各々の粒子のサイズが50ミクロン以下であることに相当する。図2及び3は、それぞれ、粉末中のAgとInの粒子のSEM(走査型電子顕微鏡)写真である。図2のSEM画像から分かるように、Agの粉末は、概ね円形かつ球形の形状を有する粒子を含んでいた。図3のSEM画像は、Inの粉末が、概ねひも状の形状を有する粒子を含んでいたことを示している。Inの粉末のひも状の形状は、(例えば、粒子の表面積比/体積比が大きくなるために)合金の形成過程におけるInの溶融を促進する。

【0048】

AgとInの粒子を含むはんだペースト材料は、上述したT L P S工程が行われた。T L P S工程の処理温度( $T_p$ )は250に選択された。多くの異なった保持時間を使用して、形成された合金はんだ材料中にどの程度のInリッチ相(つまり、高濃度のIn金属)が存在するかを決定するための試験が行われた。異なる保持時間で形成されたはんだ材料の熱特性評価のために示差走査熱量計(DSC)が使用された。二つの異なる保持時間において行われた試験の結果を図4A及び図4Bに示す。

【0049】

具体的には、第1の試験では、処理温度( $T_p$ )を250とし、保持時間を1分とするT L P S工程が実施された。第1の試験の結果は図4Aにプロットされている。第2の試

10

20

30

40

50

験では、処理温度 ( $T_p$ ) を 250 とし、保持時間を 60 分とする T L P S 工程が実施された。第 2 の試験の結果は図 4 B にプロットされている。それぞれの試験において、T L P S 工程は、同じ前駆体はんだペースト材料を使用し、毎秒約 1 の加熱率で実施された。図 4 A 及び図 4 B のそれぞれのプロットは、(二つのプロットに示されている吸熱ピークによって分かるように) 約 147 で前駆体材料内の In リッチ相の最初の溶融があるという点で類似している。図 4 A において、冷却期間における発熱ピークが検出されているが、これは得られた物質 (低融点の In リッチ相を含むもの) が一定の割合で存在していることを示すものである。しかしながら、図 4 B においては、発熱ピークは見られなかった。このことは、低融点の In リッチ相が存在しなかったこと、さらには In 金属が T L P S 工程を通じて物質内に十分に拡散したことを示すものである。

10

#### 【 0 0 5 0 】

これらの試験から、処理温度 ( $T_p$ ) を 250 とする T L P S 工程を使用した Ag - In はんだ材料の形成工程においては、保持時間を 60 分とすることによって、合金中への In の十分な拡散を確保して、処理温度 ( $T_p$ ) 及び In の融点を大きく上回る使用温度で使うことができる適切な高温のはんだ材料を形成できることが確認された。さらに、得られた Ag - In 合金材料の融点が約 693 であるため、 $T_m/T_p$  の比率は 2.77 である。

#### 【 0 0 5 1 】

##### [ 実施例 2 ] Ag - In はんだ材料とのはんだ接合の形成

実施例 1 において述べた Ag - In のはんだペースト材料を使用して、かつ 250 の処理温度 ( $T_p$ )、毎秒 1 の加熱率、60 分の保持時間を使用する T L P S 工程によって、はんだ接合が形成された。はんだ接合は、純 Sn メッキをしたリード線を有する T S O P パッケージが取り付けられる基体に対し、はんだペースト材料を塗布することにより形成された。形成されたはんだ接合の組成は ( E D X スペクトラム分析を使用して ) 約 75 重量 % の Ag と約 25 重量 % の In と決定された。リード仕上げから溶融された Sn は、分析によって検知できないほどわずかな量であった。形成されたはんだ接合の S E M 画像を図 5 に示す。特にはんだ接合の拡大図から明らかなように、Ag - In 金属マトリクスの中に概ね球形の Ag の粒子が存在しかつ埋め込まれている。

20

#### 【 0 0 5 2 】

はんだ接合を形成する Ag - In 金属合金は、約 693 の融点を有しており、少なくとも約 600 の使用温度 ( $T_a$ ) において安定性を保ち、耐えることができる。金属合金とはんだ接合の  $T_m/T_p$  の値は 2.77 であり、この Ag - In 金属合金はんだ材料の  $T_a/T_p$  の値は 2.4 である。

30

#### 【 0 0 5 3 】

上記のように、600 の使用温度 ( $T_a$ ) の値に耐えると見積られる従来の金属はんだ材料の場合、融点温度 ( $T_m$ ) と処理温度 ( $T_p$ ) の値はこの温度を十分に上回る (つまり、 $T_a/T_p$  の値が 1 を下回る) もでなければならない。このような従来のはんだ材料を使用するための高温の処理温度は、製造工程を困難にし、さらには、このようなはんだ接合された装置を構成するその他の材料を害する可能性がある。

#### 【 0 0 5 4 】

[ 実施例 3 ] T L P S 工程における Ag - In はんだ材料の均質化に対する粒子サイズと保持時間の影響

40

実施例 1 において述べたのと同様の方法で、金属粒子中の Ag / In の量が、金属粒子の総重量の約 75 % の Ag と約 25 % の In であり、ペーストの総重量の約 10 % の量の無洗浄 R M A フラックス材料がペーストの形成のために供給された二つの Ag - In はんだペースト材料 (ペースト A とペースト B) が形成された。第一のペーストであるペースト A において、Ag と In のそれぞれの粒子の公称粒子径は (粒子の 80 % が約 15 ミクロンから約 25 ミクロンである、標準的なスクリーニング又はふるい分けの工程における (- 500 / + 635) メッシュを使用して) 約 25 ミクロン以下に限定された。第二のペーストであるペースト B において、Ag と In のそれぞれの粒子の公称粒子径は (粒子の 80 % が約 25 ミクロンから約 45 ミクロンである、標準的なスクリーニング又はふるい分けの工程における

50

( - 3 2 5 / + 5 0 0 ) メッシュを使用して) 約 5 0 ミクロン以下に限定された。

【 0 0 5 5 】

この二つのペーストの各々について、実施例 1 において述べたのと同様の方法で、処理温度 ( $T_p$ ) が 2 5 0 で、加熱率が毎秒約 1 である T L P S 工程が実施された。T L P S 工程において、1 分から 9 0 分の間の様々な保持時間にて、両ペーストの一連のサンプルの熱処理がなされた。D S C (示差走査熱量測定法) 特性化技術を使用して、各サンプルについて、T L P S 工程後に得られた金属合金はんだ材料中に残存していた低融点の In リッチ相の量 (重量%) が測定された。このデータは図 6 にプロットされている。

【 0 0 5 6 】

図 6 を見ると、ペースト A とペースト B の双方において、2 5 分の保持時間で、低融点の In リッチ相の量が非常に少ない金属合金はんだ材料が形成されたことが分かる。このことは、この二つのペーストの双方が、2 5 0 の処理温度を著しく上回る使用温度で使用するための高温のはんだ材料の形成にとって効果的であることを示している。さらに、プロットされたデータは、保持時間が増加すると、得られた金属合金はんだ材料の中の低融点の In リッチ相の割合が、1 分から 6 0 分の間に大きく減少し、保持時間を 6 0 分から 9 0 分に増やしたときにペースト A にはほとんど又は全く変化が見られなかったことを示している。さらに、図 6 にプロットされたデータは、金属粒子のサイズがより小さなものであるペースト (ペースト A) は、金属粒子のサイズがより大きなものであるペースト (ペースト B) と比較して、同じ保持時間で、得られた金属合金はんだ材料の中の低融点の In リッチ相の割合をより低くできることを明らかにする。

【 0 0 5 7 】

従って、この実施例は、形成される金属合金はんだ材料における粒子のサイズ及び保持時間の効果を示すものである。

【 0 0 5 8 】

[ 実施例 4 ] Ag - In のはんだ材料を使用した基体と半導体ダイの間のはんだ接合の形成  
銀 インジウムのはんだペースト材料が、実施例 1 において述べたものと同様の方法で (金属粉末の 7 5 重量%の Ag と 2 5 重量%の In、及びペースト材料の重量の約 1 0 % の無洗浄 R M A フラックス材料を使用して) 準備された。このペースト材料は、ステンシル印刷技術を使用して、金属蒸着基体の一部に塗布された。

【 0 0 5 9 】

金属蒸着基体は、直接接着された銅 (Cu) 層 (厚さ 0 . 3 mm)、Cu 層の上に無電解メッキされたニッケル (Ni) 層、及び Ni 層の上に物理的気相成長法により蒸着された Ag 層 (厚さ 1 2 0 0 nm) を有するアルミナ ( $Al_2O_3$ ) の基体 (厚さ 0 . 6 2 5 mm) であった。ペースト材料は、レーザーカットによる開口部を有する厚さ 8 ミル (約 2 0 3 ミクロン) のステンレス鋼箔のステンシルを使用して金属蒸着基体に塗布された。ステンシルは基体の上に置かれ、ペースト材料がレーザーカットの開口部の上にコートされて、基体表面の選択された大きさ及び位置に塗布される。従って、8 ミル (約 2 0 3 ミクロン) の厚さで基体の表面上にペーストがパターンコートされた。

【 0 0 6 0 】

3 0 nm の厚さのクロム (Cr) 層、1 5 0 nm の厚さの Ni 層、及び 3 0 0 nm の厚さの Ag 層により金属蒸着されたシリコン基体から成るダミーの半導体ダイが形成された。半導体ダイは、基体のペースト材料がコートされた部分に、金属蒸着された表面がペースト材料と接触するように設けられた。

【 0 0 6 1 】

半導体ダイを基体に設ける際に、実施例 1 において上述したのと同様の T L P S 工程 (毎秒 1 の加熱率、 $T_p = 2 5 0$ 、6 0 分の定温の保持時間) を使用して基体が加熱された。室温への冷却の際に、半導体ダイは、T L P S 工程においてペーストから形成されたはんだ材料から成るはんだ接合を通じて基体に有効に固定された。はんだ接合は約 4 ミル (約 1 0 2 ミクロン) の厚さを有していた。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

はんだ接合の安定性は、約600 までの温度に対して試験され、はんだ接合は、かかる温度で安定していることが確認された。従って、Ag - Inはんだ接合は、処理温度を十分に上回る使用温度（つまり、1を大きく上回る $T_a / T_p$ の値）で完全に維持する効果があった。

【0063】

本書において説明された金属合金はんだ材料は、装置（例えば、電気装置又は電子装置）内の部品を接続するためのはんだ接合を形成する上で非常に効果的である。はんだ接合の形成は、低い処理温度で得ることができる。そこでは、前駆体材料を使用して形成される金属合金は、金属合金を形成するために必要とされる処理温度を大きく上回る融点温度（つまり、 $T_m / T_p > 1$ ）を有しており、これは、はんだ材料を形成するために使用される

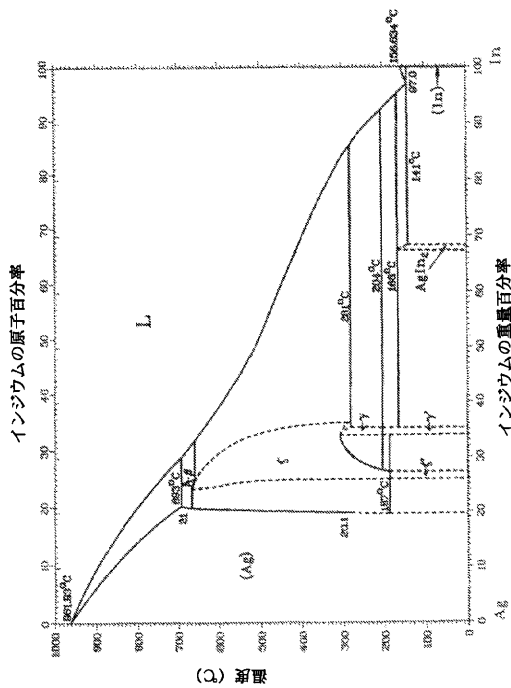
10

【0064】

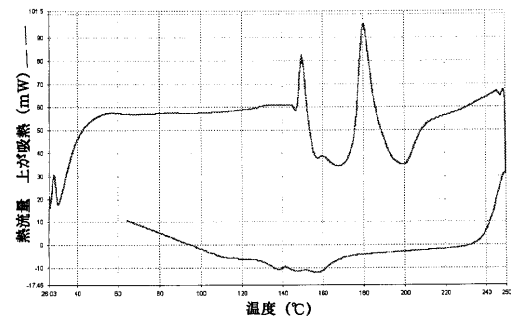
高温のはんだ材料の形成についての典型的な実施例と、かかる高温のはんだ材料をもって形成されるはんだ接合を含む装置を説明したため、当業者にとっては、本書に記載された教示を考慮すれば、その他の改良、変形又は変更が示唆されるものと考えられる。それゆえ、かかる改良、変形又は変更は、全て、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲に含まれるものと考えられる。なお、本書においては特有の用語が使用されているが、それらは一般的かつ記述的な意味で使用されているにすぎず、限定の目的で使用されているのではない。

20

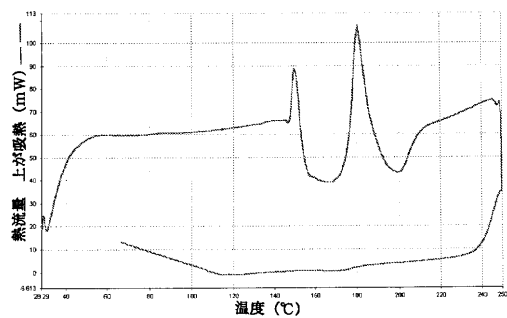
【図1】



【図4A】

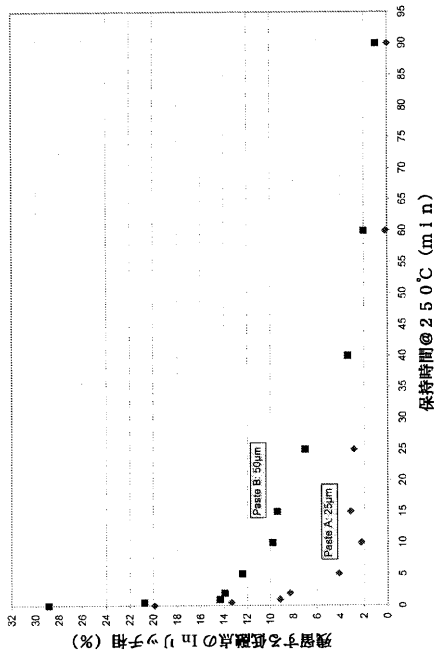


【図4B】

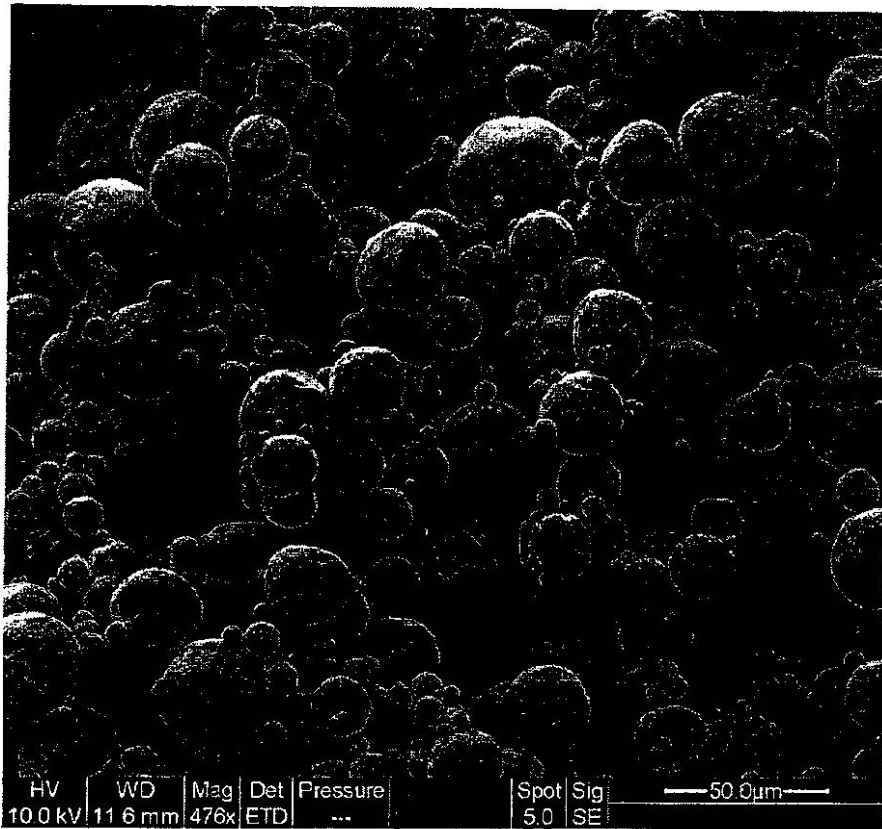


【 図 6 】

残留する低融点のインジウムリッチ相

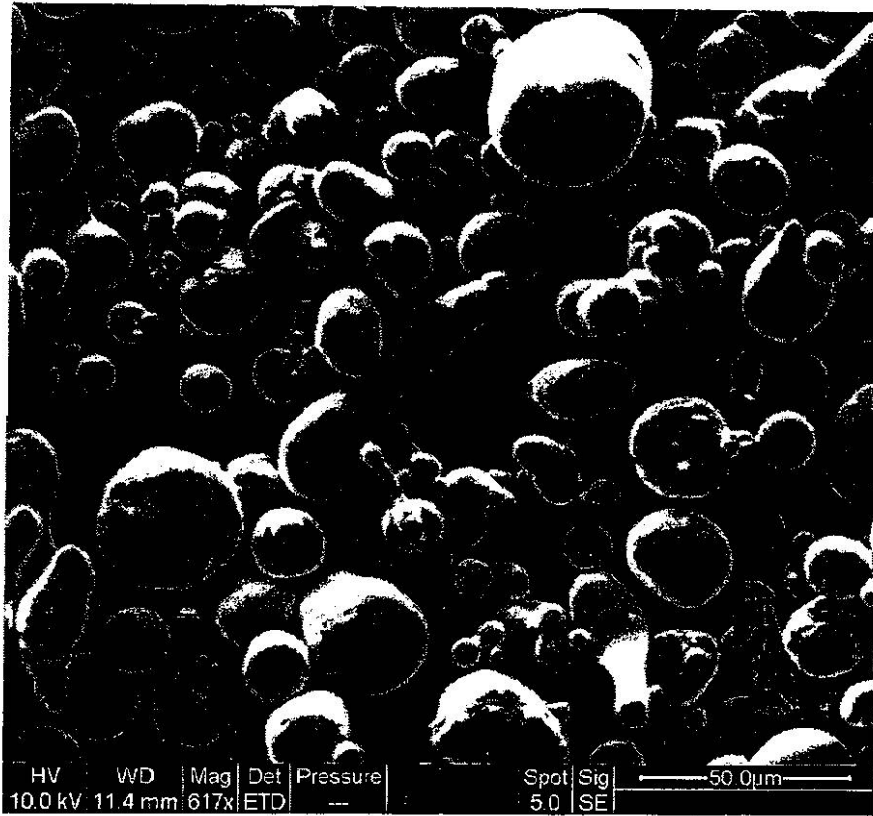


【 図 2 】

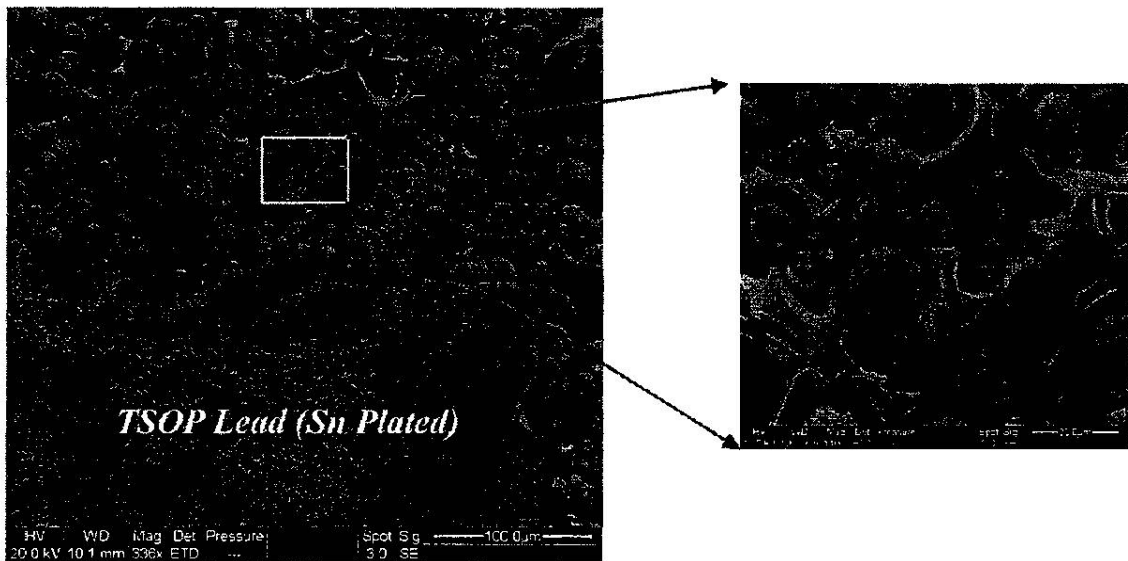




【 図 3 】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 21/52 (2006.01) C 2 2 C 5/06  
H 0 5 K 3/34 (2006.01) H 0 1 L 21/52 E  
H 0 5 K 3/34 5 1 2 C

(72)発明者 クィンテロ ペドロ  
アメリカ合衆国 メリーランド 2 0 7 8 3 ハイアッツヴィル アプト12、チュレンドライ  
ブ 3 4 2 6

合議体

審判長 池淵 立

審判官 鈴木 正紀

審判官 河野 一夫

(56)参考文献 特開2002-261105(JP,A)  
特開2005-302778(JP,A)  
国際公開第2006/075459(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B23K 35/00-35/40  
C22C 5/06