

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年12月29日 (29.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/113013 A1

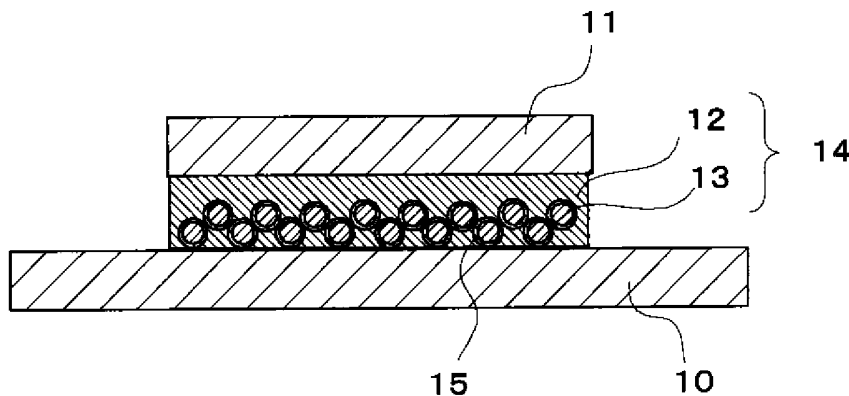
- (51) 国際特許分類: B23K 35/22
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008888
- (22) 国際出願日: 2004年6月24日 (24.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-179997 2003年6月24日 (24.06.2003) JP  
特願2003-185845 2003年6月27日 (27.06.2003) JP  
特願2004-065858 2004年3月9日 (09.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ロン タントロン (LONG, Than Trong) [VN/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 東京 (JP). 久里 裕二 (HISAZATO, Yuuji) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝

- 芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 梶原 淳志 (KAJIWARA, Junji) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 那波 隆之 (NABA, Takayuki) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒1010046 東京都千代田区神田多町2丁目1番地 神田東山ビル 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: SOLDER MEMBER, SOLDER MATERIAL, SOLDERING METHOD, METHOD OF MANUFACTURING SOLDER MATERIAL, AND SOLDER CONNECTING MEMBER

(54) 発明の名称: はんだ部材、はんだ材料、はんだ付け方法、はんだ材料の製造方法およびはんだ接合部材



(57) Abstract: A first member (10) and a second member (11) formed of a material with different characteristics from those of the material of the first member (10) are welded to each other with a solder member (14) formed of a first solder (12) made of a low melting point metal element or a low melting point alloy and a second solder (13) made of a metal element or an alloy with solidifying and expanding properties. The surface of the second solder (13) is covered by a reaction prevention film (15) functioning as a boundary layer or a boundary film. Thus, the performance of the solder member (14) can be maximized by maintaining the specific characteristics to the first solder (12) and the second solder (13).

(57) 要約: 第1部材10とこの第1部材10とは異種特性材料からなる第2部材11とが、低融点金属元素または低融点合金からなる第1はんだ12および凝固膨張の性質を有する金属元素または合金からなる第2はんだ13からなるはんだ部材14によって接合されている。また、第2はんだ13の表面は、境界層または境界被膜として機能する反応防止膜15で覆われている。これによって、第1はんだ12と第2はんだ13のそれぞれの固有な特性を維持し、はんだ部材14の性能を最大限に発揮することができる。

WO 2004/113013 A1



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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

はんだ部材、はんだ材料、はんだ付け方法、はんだ材料の製造方法およびはんだ接合部材

### 技術分野

[0001] 本発明は、熱伝導特性や機械的性質などに優れたはんだ部材、はんだ材料、はんだ付け方法、はんだ材料の製造方法およびはんだ接合部材に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、地球環境保護の観点から環境問題に対する関心が高まりつつある中、産業廃棄物の廃棄量の増大が深刻な問題となっている。産業廃棄物に含まれる、例えば、電力制御計算機の基板、家電製品、パソコンなどには、はんだが使用されており、このはんだから鉛などの有害な重金属が流出することがある。例えば、鉛が流出すると、酸性雨などに作用して鉛を含んだ水溶液を生成し、その水溶液が地下水に侵入することがある。

[0003] 国内では、1998年に家電リサイクル法が成立し、2001年には家電製品について使用済み製品の回収が義務づけられている。欧州では、電気・電子製品廃棄物EU指令により、2004年から鉛を含む特定物質の使用禁止が義務づけられている。このように、鉛の使用に関する法的規制が強化され、鉛フリーはんだの開発が急がれている(例えば、非特許文献1参照。)

[0004] はんだは、熱サイクル、機械的衝撃、機械的振動などを伴う厳しい環境下で使用される複数の要素部品を機械的かつ電氣的に接続する重要な役割を担っており、鉛フリーはんだにおいても、従来用いられてきたSn-Pbはんだと同等の機械的性質や物理的性質が要求されている。

[0005] しかし、従来のはんだを用いたエレクトロニクス製品の接合では、例えば、電子部品、基板、ベースなどのそれぞれ異なる熱膨張係数により、はんだ接合部に大きな歪みが生じ、これらの要素部品の変形や応力集中による疲労破壊などを生じて、最終的に製品寿命に至ることがあった。また、ベースなどの変形により、それらと接続される放熱フィンなどと全面接触することができなくなり、放熱効率が著しく低下することがあ

った。例えば、セラミックス基板とセラミックス基板を支持するCuベースのはんだ付けにおいて、Sn-Cu系の鉛フリーはんだを使用した場合、セラミックスと金属の熱膨張係数の差によりはんだ付け後、Cuベースが大きく変形し、熱伝導特性や疲労強度などの機械的性質が著しく低下し、要求特性が確保できないという問題があった。

[0006] また、従来の鉛フリーはんだを用いたエレクトロニクス製品の接合では、ぬれ性不足によりポイド欠陥が多数発生し、十分なはんだ強度を備えることができず、接合部の十分なはんだ強度や熱伝導性が得られないことがあった。このような接合部を有する状態では、熱疲労破壊などを生じて、最終的に製品寿命に至ることがあった。

[0007] 例えば、Sn-Cu合金において、はんだ強度、熱疲労強度などの機械的性質を確保するため、共晶組成Sn-0.7重量%Cu、または、Cuの含有率が0.7近傍のSn合金が用いられている。このようなSn-Cu合金では、Sn中のCu固溶量が0.006重量%程度の( $\beta$  Sn)デンドライトの凝固前方にCuが濃縮し、( $\beta$  Sn)と $\eta$  ( $\text{Sn}_{5/6}\text{Cu}_{1/6}$ ; Sn43.5~45.5原子%)の共晶組織、または、初晶 $\eta$ 、( $\beta$  Sn)および $\eta$ の共晶組織が形成される。これらの共晶組織は、機械的強度が低く、冷却するとクラックを生じることがあった(例えば、非特許文献2参照。)

非特許文献1: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Waste Electrical and Electronic Equipment, Commission of the European Communities, Brussels, 13.6.2000

非特許文献2: 「CuおよびCu-Sn系化合物のSn-Pbはんだぬれ性解析」、豊田中央研究所R&Dレビュー、Vol. 31, No. 4(1996年12月)

### 発明の開示

[0008] 本発明は、熱伝導特性や機械的性質などの低下を抑制し、はんだ強度と信頼性の向上を図ることができるはんだ部材、はんだ材料、はんだ付け方法、はんだ材料の製造方法およびはんだ接合部材を提供すること目的とする。

[0009] 本発明のはんだ部材は、第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ部材であって、第1はんだ相と、前記第1はんだ相中に複数の領域を持つよう分散され、前記第1はんだ相より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する第2はんだ相と、前記第1はんだ相と前記第2はんだ相の境界に存在し、

前記第1はんだ相よりも高い融点を有する境界層とを具備することを特徴とする。

[0010] 本発明のはんだ材料は、第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ材料であって、第1はんだ材料と、前記第1はんだ材料よりも高い融点を有する境界被膜が表面に形成され、前記第1のはんだ材料より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する第2はんだ材料とを具備することを特徴とする。

[0011] 本発明のはんだ付け方法は、第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ付け方法であって、表面に境界被膜が形成されるとともに、この境界被膜を形成する材料の第1の融点よりも低い第2の融点を有し、凝固膨張の性質を有する第2はんだ材料を前記第1部材の表面に配置する第2はんだ材料配置工程と、前記第2はんだ材料の上に、前記第1の融点よりも低くかつ前記第2の融点よりも高い第3の融点を有する第1はんだ材料を配置する第1はんだ材料配置工程と、前記第1はんだ材料の上に、前記第2部材を設置する第2部材設置工程と、前記第2部材設置工程を経て、積層された積層部材を、大気中または不活性ガス雰囲気中において、前記第2の融点よりも高くかつ前記第1の融点よりも低い温度で加熱する加熱工程とを具備することを特徴とする。

[0012] 本発明のはんだ材料の製造方法は、Biを50重量%以上含有するSn基合金、Sbを6重量%以上含有するSn基合金、BiおよびSbのいずれか少なくとも一種からなる第2はんだ相の粉末の表面に反応抑制境界膜を形成する境界膜形成工程と、前記第2はんだ相の粉末と平均直径が1〜100  $\mu$  mでSnまたはSn基合金からなる第1はんだ相の粉末とが所定の比率で均一に混合された混合物を作製する混合物作製工程と、前記混合物に、フラックスおよびバインダを所定の比率で混合し攪拌して、ペースト状の混合物を作製するペースト状混合物作製工程とを具備することを特徴とする。

[0013] また、本発明のはんだ材料の製造方法は、Biを50重量%以上含有するSn基合金、Sbを6重量%以上含有するSn基合金、BiおよびSbのいずれか少なくとも一種からなる第2はんだ相の粉末の表面に反応抑制境界膜を形成する境界膜形成工程と、前記第2はんだ相の粉末と平均直径が1〜100  $\mu$  mでSnまたはSn基合金からなる

第1はんだ相とが所定の比率で均一に混合された混合物を作製する混合物作製工程と、前記混合物を加圧および加熱して複合化する複合化工程と、前記複合化された混合物をフィルム状またはワイヤ状に成形する成形工程とを具備することを特徴とするはんだ材料。

- [0014] 本発明のはんだ材料は、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金からなることを特徴とする。
- [0015] また、本発明のはんだ材料は、Coを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とする。
- [0016] さらに、本発明のはんだ材料は、Cu、Ag、Au、CoおよびNiから選ばれた少なくとも一種の金属からなる第1従成分を0.02〜12重量%含有し、かつMn、PdおよびPtから選ばれた少なくとも一種の金属からなる第2従成分を0.02〜1.2重量%含有し、残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とする。
- [0017] また、本発明のはんだ材料は、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなる第1はんだと、SnまたはPbを含まないSn基合金からなる第2はんだとを具備することを特徴とする。
- [0018] 本発明のはんだ接合部材は、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなるはんだ材料を用いて、第1部材と第2部材とを接合して構成したことを特徴とする。
- [0019] 本発明のはんだ部材は、第1部材と第2部材とを接合するはんだ部材であって、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金からなる第1はんだ相と、前記第1はんだ相中に複数の領域を持つよう分散され、前記第1はんだ相より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の材料からなる第2はんだ相とを具備することを特徴とする。
- [0020] 本発明のはんだ材料は、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有

し、残部がSnと不可避不純物からなる第1はんだと、前記第1はんだより低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の材料からなる第2はんだとを具備することを特徴とする。

### 図面の簡単な説明

- [0021] [図1A]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図1B]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図2]第1のはんだおよび第2のはんだの凝固時の特性を示す図である。
- [図3A]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図3B]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図4A]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図4B]本発明の第1の実施の形態のはんだ部材およびはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図5A]本発明の第1の実施の形態のはんだ材料の一例を模式的に示す断面図である。
- [図5B]本発明の第1の実施の形態のはんだ材料の一例を模式的に示す断面図である。
- [図5C]本発明の第1の実施の形態のはんだ材料の一例を模式的に示す断面図である。
- [図6A]Cuベースの変形量を示すCuベースの断面図である。
- [図6B]Cuベースの変形量を示すCuベースの断面図である。
- [図7]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を模式的に示す断面図である。
- [図8]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面を模式

的に示す断面図である。

[図9]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を用いたはんだ付け構造の一例を模式的に示す断面図である。

[図10]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面を模式的に示す断面図である。

[図11]従来のはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面を模式的に示す断面図である。

[図12]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を用いたはんだ付け構造の一例を模式的に示す断面図である。

[図13]本発明の第2の実施の形態のはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面を模式的に示す断面図である。

[図14]従来のはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面を模式的に示す断面図である。

[図15]フィルム状のはんだ材料の外観を示す斜視図である。

[図16]ワイヤ状のはんだ材料の外観を示す斜視図である。

[図17]本発明の第3の実施の形態のフィルム状に形成された無鉛はんだの斜視図である。

[図18]本発明の第3の実施の形態のペースト状に形成された無鉛はんだの断面図である。

[図19]本発明の第3の実施の形態のワイヤー状に形成された無鉛はんだの斜視図である。

[図20]本発明の第3の実施の形態のロッド状に形成された無鉛はんだの斜視図である。

[図21]無鉛はんだによって接合された第1要素部材および第2要素部材の断面図である。

[図22]2種類の無鉛はんだによって接合された第1要素部材および第2要素部材の断面図である。

[図23]はんだ接合部の断面図である。

[図24]滴下法による表面張力の測定の概要を示す図である。

[図25A]元素分析の結果を示す図である。

[図25B]元素分析の結果を示す図である。

[図26]元素分析の結果を示す図である。

[図27A]本発明の第4の実施の形態のはんだ付け工程を示す図である。

[図27B]本発明の第4の実施の形態のはんだ付け工程を示す図である。

[図27C]本発明の第4の実施の形態のはんだ付け工程を示す図である。

[図27D]本発明の第4の実施の形態のはんだ付け工程を示す図である。

[図27E]本発明の第4の実施の形態のはんだ付け工程を示す図である。

[図28]耐酸化性はんだが設置された第1要素部材の断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

[0022] 以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

[0023] (第1の実施の形態)

図1Aおよび図1Bに、第1の実施の形態のはんだ付け構造の一例を示す。

[0024] 図1Bに示されたはんだ付け構造では、第1部材10とこの第1部材10とは異種特性材料からなる第2部材11とが、低融点金属元素または低融点合金からなる第1はんだ12および凝固膨張の性質を有する金属元素または合金からなる第2はんだ13からなるはんだ部材14によって接合されている。また、第2はんだ13の表面は、境界層または境界被膜として機能する反応防止膜15で覆われている。ここで、異種特性材料とは、組成の同一または非同一を問わず、機械的性質や物理的性質などの特性の異なる材料のことをいう。

[0025] 第1はんだ12に用いられる金属は、低融点金属元素または低融点合金であり、例えば、Sn、In、Znなどの元素金属、または、Sn合金、In合金、Zn合金などで構成される。Sn合金において、合金中のSnの含有率は、合金に求められる機械的特性、融点などによって適宜に設定される。その他のIn合金、Zn合金を用いた場合もSn合金の場合と同様に、含有率は、合金に求められる機械的特性、融点などによって適宜に設定される。なお、例えば、Sn合金に、In、Znなどの元素金属が含有されてもよい。また、同様にIn合金、Zn合金においても、他の元素金属を含有してもよい。

- [0026] 第2はんだ13に用いられる金属は、凝固時に膨張する性質を有するBi、Sb、Ga、Geなどの元素金属、または、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金などで構成される。第2はんだ13に用いられる金属が合金の場合には、Snなどが含有されている。第2はんだ13にBi合金を用いる場合、Bi合金中のBiの含有率が50重量%以上であれば良いが、58重量%以上がより好ましい。Biの含有率が50重量%未満では、Bi合金が膨張することによる第1はんだ12の熱収縮を緩和する効果が小さく、48重量%未満では、その効果がほとんど得られない。また、Sb合金、Ga合金、Ge合金において、Sb、Ga、Geの含有率は、6重量%以上であればよく、22重量%以上が好ましく、50重量%以上であればさらに好ましい。例えば、Sb合金中のSbの含有率が6重量%未満では、Sb合金が膨張することによる第1はんだ12の熱収縮を緩和する効果がほとんど得られない。なお、第2はんだ13は、上記したBi、Sb、Ga、Geなどの元素金属を組み合わせて構成されてもよい。また、例えば、Bi合金には、Sb、Ga、Geなどの元素金属を含有してもよい。また、同様にSb合金、Ga合金、Ge合金においても、他の元素金属を含有してもよい。
- [0027] また、第1はんだ12中の第2はんだ13の含有率は、第1部材10と第2部材11の熱膨張係数の差により算出したはんだ相内の歪み量によって、5〜50体積%の範囲で適宜に設定される。第2はんだ13の含有率が、5体積%未満では、十分な凝固膨張の効果が得られず、50体積%を越えると、複合はんだ相の延性が低下し、十分な機械的性質を確保することができない場合があるためである。
- [0028] また、第2はんだ13には、第1はんだ12の融点よりも低い融点の金属または合金が用いられ、その条件に適合するように、第1はんだ12および第2はんだ13に用いる金属元素、合金の種類、合金の組成などの選定や組み合わせが適宜行われる。これによって、第1部材10と第2部材11の熱膨張係数の差によるはんだ部材内の内部応力の緩和効果を最大限に発揮することができる。
- [0029] 第2はんだ13の表面に形成される反応防止膜15は、第1はんだ12を構成する材料の融点より高い融点を有する金属、セラミックス、または樹脂から形成される。
- [0030] 金属によって反応防止膜15が形成される場合、金属として、例えば、Cu、Ni、Cr、Al、Zn、Au、Ag、Cu合金、Ni合金、Cr合金、Al合金、Zn合金、Au合金およびAg

合金のいずれか少なくとも一種から適宜に選定される。金属による反応防止膜15は、第2はんだ13の表面に、電解メッキ法、無電解メッキ法などによって形成される。

- [0031] セラミックスによって反応防止膜15が形成される場合、セラミックスとして、例えば、これらに限るものではないが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{TiC}$ 、 $\text{TiO}_2$ などのいずれか少なくとも一種から適宜に選定される。セラミックスによる反応防止膜15は、例えば、ゾル・ゲル法などで形成され、この形成方法は極めて容易で経済的である。
- [0032] 樹脂によって反応防止膜15が形成される場合、樹脂として、例えば、熱可塑性樹脂などが用いられ、反応防止膜15は、熔融樹脂のコーティング法やバインダを介して微粒子を付着させる方法などによって形成される。
- [0033] 反応防止膜15の厚さは、 $10\text{nm}$ ～ $10\mu\text{m}$ の範囲ではんだ部材の要求特性に応じて適宜に設定されるものである。反応防止膜15の厚さは、 $10\text{nm}$ 以上であれば第1はんだ12と第2はんだ13との反応防止効果を発揮し、 $10\mu\text{m}$ を越えると反応防止膜15の形成時間が長くなり不経済である。反応防止膜15の厚さのより好ましい範囲は、 $0.1\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ である。
- [0034] なお、はんだ接合温度や保持時間などのはんだ接合条件を制御し、拡散または合金反応を抑制して、第1はんだ12と第2はんだ13におけるそれぞれの機械的性質や物理的性質などを維持できる場合には、反応防止膜15は設けなくてもよい。例えば、第1はんだ12として、 $\text{Sn}-0.7\text{重量}\%\text{Cu}-3.5\text{重量}\%\text{Ag}$ (固相線: $217^\circ\text{C}$ 、液相線: $219^\circ\text{C}$ )、第2はんだ13として、 $\text{Sn}-57\text{重量}\%\text{Bi}$ (熔融温度: $139^\circ\text{C}$ )を選定し、はんだ接合温度を第1はんだ12の液相線温度より $10$ ～ $20^\circ\text{C}$ 程度高い温度で、第1はんだ12が完全に熔融するのに必要な最短保持時間、例えば、十秒間加熱する。このはんだ接合条件によって、はんだ接合すると、第1はんだ12と第2はんだ13の境界層に厚さ数 $\mu\text{m}$ の合金反応層が形成されるが、第1はんだ12と第2はんだ13が完全に合金化することがなく、第1はんだ12と第2はんだ13の固有な物理的性質や機械的性質を維持することができる。
- [0035] ここで、図1B、図3Bおよび図4Bに示すように、第1部材10が第2部材11の熱膨張係数より大きい場合、第2はんだ13を第1はんだ12中の第1部材10側に偏在させることにより、凝固時における第1部材10の歪みを最大限に緩和する効果を得ることが

できる。

[0036] 図1B、図3Bおよび図4Bに示されたはんだ部材は、例えば、次のようにして製造される。

[0037] まず、第2はんだ13の反応防止膜15を形成する材料が選択され、選択された材料が金属の場合には電解メッキ法、無電解メッキ法などにより、また選択された材料がセラミックスの場合にはゾル・ゲル法などにより、さらに選択された材料が樹脂の場合にはコーティング法などにより、それぞれ第2はんだ13の表面に反応防止膜15が形成される。

[0038] このようにして得られた反応防止膜15が被覆された所定量の第2はんだ13を第1部材10の表面に均一に配置する。続いて、第2はんだ13の上に、所定量の第1はんだ12を均一に配置する。そして、第1はんだ12の上に第2部材11を設置し、図1A、図3Aおよび図4Aに示すような積層部材を得る。続いて、その積層部材を大気中または不活性ガス雰囲気中において、第1はんだ12の液相線温度以上の温度に加熱する。加熱されることによって熔融した第1はんだ12は、第2はんだ13間の空隙部に含侵される。冷却工程において、第1はんだ12の融点を通過する際、第1はんだ12は、第1はんだ12より融点が低く、まだ熔融している状態の第2はんだ13を取り囲みながら凝固する。さらに冷却すると、第2はんだ13の融点を通過する際、第2はんだ13が凝固する。第2はんだ13が凝固する際、体積膨張して、第1部材10と第2部材11の熱膨張係数の差によるはんだ相内の歪み緩和効果を発揮し、図1B、図3Bおよび図4Bに示すような熱膨張係数の差による変形が生じないはんだ部材を得る。なお、図5A、図5Bおよび図5Cに示すような、予め第1はんだ12に第2はんだ13を偏在して構成されたはんだ部材を使用してもよい。

[0039] ここで、図1Aに示すように、第1はんだ12は板形状に、第2はんだ13は、球状または不定形状の粒子形状に形成される。また、図3Aに示すように、第1はんだ12は、第2はんだ13と同様に、球状または不定形状の粒子形状に形成されてもよい。さらに、図4Aに示すように、第1はんだ12は板形状に、第2はんだ13は、貫通孔を有する板形状に形成されてもよい。なお、第1はんだ12および第2はんだ13の形状は、図1A、図3Aおよび図4A示された形状および組み合わせに限るものではなく、熔融した

第1はんだ12が第2はんだ13間の空隙部に含侵する構成ならばよい。

[0040] 第1の実施の形態におけるはんだ部材、はんだ材料およびはんだ付け方法において、図2に示すように、第1部材10と第2部材11の熱膨張係数の差によるはんだ部材14内の内部応力の発生が抑制され、その結果、第1部材10と第2部材11の変形を減少させることができる。特に、熱膨張係数の大きな部材側に第2部材11を偏在させることで、第1部材10と第2部材11の熱膨張係数の差によるはんだ部材14内の内部応力の発生を効果的に抑制することができる。

[0041] また、第2はんだ13が反応防止膜15で覆われているため、第1はんだ12と第2はんだ13との間において拡散または合金反応を伴わないので、第1はんだ12と第2はんだ13が合金化することがない。これによって、第1はんだ12の機械的性質や第2はんだ13の凝固膨張性質などのそれぞれの固有な特性を維持し、はんだ部材14の性能を最大限に発揮することができる。

[0042] 次に、第1の実施の形態における具体的な実施例について説明する。

[0043] (実施例1)

平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-57重量%Bi粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、厚さ約50nmの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はんだと平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-0.7重量%Cu粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が15体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。なお、複合はんだには、接合材の表面の酸化皮膜の除去およびスクリーン印刷、塗布などを容易するため、適量のフラックスと樹脂バインダーを添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0044] 続いて、厚さ3mm、幅100mm、長さ200mmの無酸素Cuベースの第1部材の表面に、複合はんだを厚さ約 $100\ \mu\text{m}$ でスクリーン印刷した。そして、スクリーン印刷された複合はんだの上に、両面が厚さ $100\ \mu\text{m}$ の純Cuでラインニングされた厚さ0.3mm、幅80mm、長さ180mmのSiN基板の第2部材を設置し、積層接合部材を構成した。続いて、この積層接合部材を、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $250^\circ\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0045] はんだ付けした第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強

度を測定評価した結果、せん断強度は30MPaであった。また、第1部材のCuベースの変形量は75  $\mu\text{m}$ であった。

[0046] ここで、Cuベースの変形量について、図6Aおよび図6Bを参照して説明する。

[0047] 図6Aおよび図6Bは、第1部材10を構成する厚さ3mm、幅100mm、長さ200mmのCuベースの幅の中心で長手方向における断面を示したものである。図6Aは、変形前の第1部材10の断面を示し、図6Bは、変形後の第1部材10の断面を示している。

[0048] Cuベースの変形量は、第1部材10の長手方向に垂直な方向における基準面20と基準面20に接していた第1部材10の接触面21との最大変形距離Lを示すものである。

[0049] (実施例2)

平均粒径が約20  $\mu\text{m}$ のSn-57重量%Bi粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、厚さ約50nmの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、厚さ100  $\mu\text{m}$ 、幅80mm、長さ180mmのSn-0.7重量%Cuシートからなる第1はんだの一方の面に、第2はんだを、第2はんだの含有量が15体積%となるように設置し、プレス成形して複合はんだシートを製作した。

[0050] 続いて、厚さ3mm、幅100mm、長さ200mmの無酸素Cuベースの第1部材の表面に適量のフラックスを滴下し、複合はんだシートの第2はんだの層の面が第1部材と接するように、第1部材の表面に複合はんだシートを設置した。そして、複合はんだシートの上に、両面が厚さ100  $\mu\text{m}$ の純Cuでラインニングされた厚さ0.3mm、幅80mm、長さ180mmのSiN基板の第2部材を設置し、積層接合部材を構成した。続いて、この積層接合部材を、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、250°Cの温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0051] はんだ付けした第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は32MPaであった。また、第1部材のCuベースの変形量は80  $\mu\text{m}$ であった。

[0052] (実施例3)

平均粒径が約20  $\mu\text{m}$ のSn-10重量%Sb粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、

厚さ約50nmのSiO<sub>2</sub>皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はんだと平均粒径が約20 μmのSn-2重量%Cu-0.2重量%Ag粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が25体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。なお、複合はんだには、接合材の表面の酸化皮膜の除去およびスクリーン印刷、塗布などを容易するため、適量のフラックスと樹脂バインダーを添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0053] 続いて、厚さ3mm、幅100mm、長さ200mmの無酸素Cuベースの第1部材の表面に、複合はんだを厚さ約100 μmでスクリーン印刷した。そして、スクリーン印刷された複合はんだの上に、両面が厚さ100 μmの純Cuでラインニングされた厚さ0.3mm、幅80mm、長さ180mmのSiN基板の第2部材を設置し、積層接合部材を構成した。続いて、この積層接合部材を、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中において、300°Cの温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0054] はんだ付けした第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は50MPaであった。また、第1部材のCuベースの変形量は125 μmであった。

[0055] (比較例1)

実施例2で用いたSn-0.7重量%Cuの複合はんだシートを用い、実施例2と全く同一の条件で、第1部材と第2部材とのはんだ付けを行った。

[0056] はんだ付けした第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は35MPaであり、実施例2のせん断強度とほぼ同じ値を示した。一方、第1部材のCuベースの変形量は500 μmであり、実施例2の変形量と比較して6倍以上である。

[0057] この結果と実施例2の結果から、Sn-57重量%Biからなる第2はんだを含有することで、第2はんだの凝固膨張効果を得ることができ、第1部材のCuベースの変形を抑制できることがわかる。

[0058] (比較例2)

厚さ100 μm、幅80mm、長さ180mmのSn-0.7重量%Cuシートからなる第1はんだの一方の面に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜を形成しないSn-57重量%Bi粉末からなる第2はんだ

だを、第2はんだの含有量が15体積%となるように設置し、プレス成形して複合はんだシートを製作した。続いて、実施例2と全く同一の条件で第1部材と第2部材とのはんだ付けを行った。

[0059] はんだ付けした第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は25MPaであり、実施例2のせん断強度と比較して低かった。また、第1部材のCuベースの変形量は350  $\mu$ mであり、実施例2の変形量と比較して4倍以上である。

[0060] この結果と実施例2の結果から、第2はんだのSn-57重量%Bi粉末の表面に境界層を形成し、第1はんだと第2はんだとの合金化を防止することで、第1はんだの機械的性質および第2はんだの凝固膨張性質を維持できることがわかる。

[0061] ここで、上記した実施例および比較例の測定結果を表1にまとめて示す。

[表1]

	はんだ相せん断強度, MPa	第1部材変計量, $\mu$ m
実施例1	30	75
実施例2	32	80
実施例3	50	125
比較例1	35	500
比較例2	25	350

[0062] (第2の実施の形態)

図7には、第2の実施の形態のはんだ材料の一例を示す。

[0063] はんだ材料100は、母相を構成するSnまたはSn合金からなる第1はんだ粉末101、第2相を構成するBi合金またはSb合金からなる第2はんだ粉末102を含有している。この第2はんだ粉末102の表面は、反応制御境界膜103で覆われている。また、図7に示したはんだ材料100は、第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102とを均一に混合した混合物に、フラックスおよびバインダが混在されたペースト状のはんだ材料である。

[0064] このはんだ材料を用いたはんだ付け後の断面は、図8に示すように、第1はんだ粉末101が融解し、凝固して形成された母相104と、第2はんだ粉末102が融解し、凝

固して形成された第2相105とにより構成される。

[0065] 第1はんだ粉末101は、SnまたはSn合金で構成され、Sn合金の場合、合金中のSnの含有率は、合金に求められる機械的特性、融点などによって、適宜に設定される。また、第1はんだ粉末101の平均粒径は、1〜100  $\mu\text{m}$ の範囲が好ましい。第1はんだ粉末101の平均粒径が1  $\mu\text{m}$ 未満では、取扱いが難しくさらにコストが高くなる。一方、第1はんだ粉末101の平均粒径が100  $\mu\text{m}$ を越えると、第2はんだ粉末102を均一に分散させることが難しく母相104の熱収縮を緩和する効果を十分に発揮できないことがある。また、第1はんだを粉末にすることによって、第2はんだ粉末102との混合比などを容易に調製することができる。

[0066] 第2はんだ粉末102は、第1の実施の形態で示した、凝固時に膨張する性質を有するBiまたはSbを含有するSn合金などで構成される。また、第2はんだ粉末102は、BiまたはSb単体で構成されてもよい。ここで、第2はんだ粉末102にBiを含有するSn合金を用いる場合、Sn合金中のBiの含有率は、50重量%以上であれば良く、58重量%以上がより好ましい。Biの含有率が50重量%未満では、Bi合金の凝固膨張が小さいため母相14の熱収縮を緩和する効果が小さく、48重量%未満では、その効果がほとんど得られない。また、第2はんだ粉末102にSbを含有するSn合金を用いる場合、Sn合金中のSbの含有率は、6重量%以上であれば良く、22重量%以上がより好ましい。Sbの含有率が6重量%未満では、Sb合金の凝固膨張が小さいため母相14の熱収縮を緩和する効果が小さい。なお、第2はんだ粉末102は、Bi、Sbを組み合わせ構成されてもよい。また、第2はんだ粉末102にBiを含有するSn合金を用いる場合、Sn合金中にSbを含有してもよい。さらに、第2はんだ粉末102にSbを含有するSn合金を用いる場合、Sn合金中にBiを含有してもよい。

[0067] また、第2はんだ粉末102の平均粒径は、1〜100  $\mu\text{m}$ の範囲が好ましい。第2はんだ粉末102の平均粒径が1  $\mu\text{m}$ 未満では、取扱いが難しくさらにコストが高くなり、100  $\mu\text{m}$ を越えると、母相104内に均一に分散させることが難しく母相104の熱収縮を緩和する効果を十分に発揮できないことがある。

[0068] さらに、フラックス、バインダを含むはんだ材料中の第2はんだ粉末102の含有率は、熱膨張係数に基づいて算出したはんだ接合する要素部品の熱収縮量、はんだを

供給する要素部品の凹部や孔部の大きさやはんだ母材の合金の性質から算出したはんだ材料の凝固収縮量によって適宜に設定される。

- [0069] また、はんだ材料における第2はんだ粉末102の含有率は、5～50体積%の範囲が好ましい。第2はんだ粉末102の含有率が、5体積%未満では母相104の熱収縮を緩和する効果が小さく、50体積%越えても適用できるが、さらなる効果の向上を望めない。
- [0070] また、第2はんだ粉末102は、第1はんだ粉末101の融点よりも低い融点の金属または合金で構成されている。また、第2はんだ粉末102の金属の種類、組成などは、第1はんだ粉末101に対応して、第1はんだ粉末101よりも低い融点になるように適宜に選定される。これによって、母相104の凝固収縮に対する緩和効果を最大限に発揮させることができる。
- [0071] 第2はんだ粉末102の表面に形成される反応制御境界膜103は、第2はんだ粉末12を構成する材料の融点より高い融点を有する金属で形成される。この反応制御境界膜103は、第1の実施の形態で示した反応防止膜15と同じ材料で形成される。なお、第1の実施の形態で述べたように、はんだ接合温度や保持時間などのはんだ接合条件を制御し、拡散または合金反応を抑制して、第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102の機械的性質や物理的性質などを維持できる場合には、反応制御境界膜103は設けなくてもよい。
- [0072] 反応制御境界膜103は、第2はんだ粉末102の表面に、無電解メッキ法などによって形成される。また、反応制御境界膜103は、ゾル・ゲル法によって形成されてもよい。ゾル・ゲル法では、例えば、金属アルコキッドを原料としたアルミナゾルに第2はんだ粉末102を浸漬させ、続いて乾燥させることで金属皮膜を第2はんだ粉末102の表面に形成することができる。反応制御境界膜103の形成方法はこれらに限られるものではないが、これらの無電解メッキ法やゾル・ゲル法を用いることによって、経済的に反応制御境界膜103を形成することができる。
- [0073] 反応制御境界膜103の厚さは、10nm～10 $\mu$ mの範囲ではんだ材料の要求特性に応じて適宜に設定されるものである。反応制御境界膜103の厚さは、10nm以上であれば母相104と第2相105との拡散または合金反応を防止することができ、10 $\mu$ m

を越えると反応制御境界膜103の形成時間が長くなり不経済的である。

- [0074] 第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102との混合物に混入されるフラックスは、はんだ材料とはんだ材料で接合される部材との間の酸化皮膜を除去し、加熱中に再び酸化するのを防止するものである。このフラックスとして、一般的に用いられているアミンハロゲン塩または有機酸などの活性化剤が用いられる。フラックス、バインダを含むはんだ材料中のフラックスの含有率は、5〜10重量%の範囲で適宜に設定することができる。フラックスの含有率が5重量%未満では、はんだ材料とはんだ材料で接合される部材との間の酸化皮膜を除去し、加熱中に再び酸化するのを防止する効果が小さく、10重量%を超える範囲では、その効果の向上を望めない。
- [0075] 第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102と混合されるバインダは、高分子材料とアルコールとから構成される。フラックス、バインダを含むはんだ材料中のバインダの含有率は、5〜20重量%の範囲で適宜に設定することができる。バインダの含有率が5重量%未満では、要素部品の表面に塗布または印刷されたはんだ材料の付着状態が不十分となり、20重量%を超える範囲では、バインダがはんだ部材から流出し、作業効率が低下することなどがある。
- [0076] このはんだ材料によれば、凝固時に膨張する性質を有する第2はんだ粉末102を第1はんだ粉末101に含有させることで、第1はんだ粉末101が融解した母相104の凝固時における熱収縮を、第2はんだ粉末102が融解した第2相105の凝固時における膨張によって緩和することができる。これによって、はんだ部材内の内部応力の発生が抑制され、ポイド欠陥の発生を防止することができる。また、第2相105が反応制御境界膜103で覆われているため、母相104と第2相105との間において拡散または合金反応を伴わないので、母相104と第2相105それぞれのぬれ性などの物理的特性を維持することができる。
- [0077] このはんだ材料の製造方法によれば、ペースト状のはんだ材料を製造することができ、製造されたはんだ材料は、固体のはんだ材料を配置し難い接合部の接合や複雑な形状の部材同士の接合などに用いるのに適している。また、このはんだ材料を、複雑な形状の接合部でも的確に注入することができるので、はんだ付けの信頼性を向上させることができる。

- [0078] 次に、はんだ材料100の製造方法の一例を示す。
- [0079] まず、第2はんだ粉末102の反応制御境界膜103を形成する材料を選択し、第2はんだ粉末102の表面に、無電解メッキ法などによって、反応制御境界膜103を形成する。
- [0080] 反応制御境界膜103が被覆された所定量の第2はんだ粉末102と所定量の第1はんだ粉末101とを均一に混合し、混合物を構成する。続いて、その混合物に所定量のフラックスおよびバインダを混入し、均一に攪拌して、はんだ材料100を得る。
- [0081] このはんだ材料の製造方法によれば、フィルム状またはワイヤ状のはんだ材料を製造することができる。この製造方法を用いることで、用途に応じて最適な形態のはんだ材料を提供することができる。
- [0082] 図9には、上述した方法により得られたはんだ材料100を、平板で構成された第1要素部材111と接合面に凹部を有する平板で構成された第2要素部材112との間に配置した状態の接合部材110が示されている。この接合部材110を、例えば、大気中または不活性ガス雰囲気中において、第1はんだ粉末101の融点以上の温度に加熱する。加熱されることによって融解した第1はんだ粉末101および第2はんだ粉末102は、冷却工程を経て、図10に示すような断面形状のはんだ接合部120になる。なお、図10に示したはんだ接合部120の断面形状は、図9のAで示す領域を詳細に示したものである。
- [0083] 図10に示すように、第2はんだ粉末102が融解し凝固した第2相105は、第1はんだ粉末101が融解し凝固した母相104中にほぼ均一に分散している。また、第2相105の表面は、反応制御境界膜103によって覆われている。はんだ材料100を用いた接合では、母相104が凝固およびその後の冷却過程において熱収縮する際に、第2相105が凝固膨張し、はんだ接合部120における内部応力の発生が抑制される。これによって、図11に示すような従来のはんだ接合部121に発生していた引け巣122の発生を防止することができる。また、母相104では、母相104を構成する第1はんだ粉末101のぬれ性などの物理的特性が維持されるので、第1要素部材111および第2要素部材112の接合面と母相104との接合を最適に行うことができる。さらに、はんだ接合部においては、母相104を構成する第1はんだ粉末101の機械的特性をほ

ば維持することができる。

[0084] このはんだ付け方法によれば、凝固時に膨張する性質を有する第2はんだ粉末102を第1はんだ粉末101に含有させることで、第1はんだ粉末101が融解した母相104の凝固時における熱収縮を、第2はんだ粉末102が融解した第2相105の凝固時における膨張によって緩和することができる。これによって、はんだ部材内の内部応力の発生が抑制され、ボイド欠陥の発生を防止することができる。また、第2相105が反応制御境界膜で覆われているため、母相104と第2相105との間において拡散または合金反応を伴わないので、母相104と第2相105それぞれのぬれ性などの物理的特性を維持することができる。これによって、第1要素部材111および第2要素部材112の接合面とはんだ材料との接合を最適に行うことができる。

[0085] 次に、はんだ材料100を用いて2つの部材を接合する他の例を図12に示す。

[0086] 図12には、上述した方法により得られたはんだ材料100を、凹部を有する平板で構成された第1要素部材131の凹部に注入し、その凹部の溝の深さ方向に棒状の第2要素部材132を挿入した状態の接合部材130を示したものである。この接合部材130を、例えば、大気中または不活性ガス雰囲気中において、第1はんだ粉末101の融点以上の温度に加熱する。加熱されることによって融解した第1はんだ粉末101および第2はんだ粉末102は、冷却工程を経て、図13に示すような断面形状のはんだ接合部140になる。

[0087] 図13に示すように、第2はんだ粉末102が融解し凝固した第2相105は、第1はんだ粉末101が融解し凝固した母相104中にほぼ均一に分散している。また、第2相105の表面は、反応制御境界膜103によって覆われている。はんだ材料100を用いた接合では、母相104が凝固およびその後の冷却過程において熱収縮する際に、第2相105が凝固膨張し、はんだ接合部140における内部応力の発生が抑制される。また、はんだ接合部140を構成する母相104は、母相104を構成する第1はんだ粉末101のぬれ性などの物理的特性を維持しているため、第1要素部材131の凹部の表面と母相104との接合が最適に行われる。これによって、図14に示すような従来のはんだ接合部150に発生していた第1要素部材131の凹部の表面との剥離部151などの発生を防止することができる。

- [0088] 第2の実施の形態におけるはんだ材料、はんだ材料の製造方法およびはんだ付け方法において、母相104に、凝固時に膨張する性質を有する第2相105を含有させることによって、母相104が凝固およびその後の冷却過程において熱収縮する際、第2相105は凝固温度まで冷却されると凝固膨張する。これによって、母相104の凝固収縮を緩和することができ、はんだ部材内の内部応力の発生が抑制され、その結果、引け巣122や剥離部151などのボイド欠陥の発生を防止することができる。
- [0089] また、第2相105が反応制御境界膜103で覆われているため、母相104と第2相105との間において拡散または合金反応を伴わないので、母相104と第2相105とが溶解して、例えば共晶合金化することはない。そのため、母相104では母相104を構成する第1はんだ粉末101の物理的特性が維持され、第2相105では第2相105を構成する第2はんだ粉末102の物理的特性が維持される。さらに、はんだ接合部においては、母相104を構成する第1はんだ粉末101の機械的特性をほぼ維持することができる。また、第1要素部材111および第2要素部材112の接合面とはんだ材料との接合を最適に行うことができる。
- [0090] また、はんだ材料をペースト状にしたことで、固体のはんだ材料を配置し難い接合部の接合や複雑な形状の部材同士の接合などにもこのはんだ材料を容易に用いることができる。また、このはんだ材料を、複雑な形状の接合部でも的確に注入することができるので、はんだ付けの信頼性を向上させることができる。
- [0091] 上述したはんだ材料100では、第1はんだ粉末101、第2はんだ粉末102、フラックスおよびバインダを混合したペースト状の構成を示したが、この構成に限るものではなく、はんだ材料は、例えば、図15に示すようなフィルム状の構成および図16示すようなワイヤ状の構成にしてもよい。
- [0092] 図15または図16に示すはんだ材料160、170は、例えば、次のようにして製造される。
- [0093] まず、第2はんだ粉末102の反応制御境界膜103を形成する材料を選択し、第2はんだ粉末102の表面に、無電解メッキ法などによって、反応制御境界膜103を形成する。
- [0094] 反応制御境界膜103が被覆された所定量の第2はんだ粉末102と所定量の第1は

んだ粉末101とを、例えば、攪拌などによって均一に混合し、混合物を構成する。続いて、この混合物を金型に充填し、加圧および加熱して第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102とを一体に融着させて複合材料を得る。

[0095] 次に、図15に示すようなフィルム状のはんだ材料160を形成する場合には、第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102とが一体化された複合材料を、例えば、圧延加工してフィルム状のはんだ材料を形成する。

[0096] また、図16に示すようなワイヤ状のはんだ材料170を形成する場合には、第1はんだ粉末101と第2はんだ粉末102とが一体化された複合材料を、例えば、引抜き加工してワイヤ状のはんだ材料を形成する。また、図16に示すように、ワイヤ状のはんだ材料170の中心軸に沿ってフラックス171を混入させることもできる。

[0097] このように、はんだ材料は、ペースト状の構成に限らず、フィルム状やワイヤ状などの固体の構成も採ることができ、はんだ材料を使用する用途に応じて最適な形態のはんだ材料を用いることができる。

[0098] 次に、第2の実施の形態における具体的な実施例について説明する。なお、以下に示す具体的な実施例では、図12に示すような、凹部を有する平板で構成された第1要素部材131とこの凹部の溝の深さ方向に棒状の第2要素部材132を挿入した状態で接合される場合について示す。

[0099] (実施例4)

平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-57重量%Bi粉末の表面に、厚さ約 $3\ \mu\text{m}$ の無電解Niめっき皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はんだと平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-0.7重量%Cu粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が15体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。そして、第1部材と第2部材の表面の酸化皮膜の除去と塗布、スクリーン印刷などのはんだ層の形成を容易にするため、複合はんだに適量のフラックスと増粘剤を添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0100] 続いて、無酸素Cuベースからなる第1部材の表面に形成された直径5mm、深さ10mmの凹部に、複合はんだを充填した。複合はんだが充填された凹部に、無酸素Cuベースからなる外径3mmの棒状の第2部材を約7mmの深さまで挿入した。そして

、第1部材の凹部に第2部材が挿入された状態で、 $N_2$  ガス雰囲気中において、260℃の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0101] はんだ付けされた第1部材と第2部材とをそれぞれインストロン引張試験機のチャックに固定し、0.1mm/sの引張速度ではんだ強度を測定評価した結果、はんだ強度は45MPaであった。また、はんだ層の内部ボイド欠陥を超音波探傷試験装置を用いて検査した結果、不純物やその他に起因する偶発的なボイド欠陥が体積率換算で1%以下であり、凝固収縮によるボイド欠陥が全く検出されなかった。

[0102] (実施例5)

平均粒径が約20 $\mu$ mのSn-57重量%Bi粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、厚さ約0.1 $\mu$ mの $Al_2O_3$ 皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はんだと平均粒径が約20 $\mu$ mのSn-0.7重量%Cu粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が15体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。そして、第1部材と第2部材の表面の酸化皮膜の除去と塗布、スクリーン印刷などのはんだ層の形成を容易にするため、複合はんだに適量のフラックスと増粘剤を添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0103] 続いて、無酸素Cuベースからなる第1部材の表面に形成された直径5mm、深さ10mmの凹部に、複合はんだを充填した。複合はんだが充填された凹部に、無酸素Cuベースからなる外径3mmの棒状の第2部材を約7mmの深さまで挿入した。そして、第1部材の凹部に第2部材が挿入された状態で、 $N_2$  ガス雰囲気中において、260℃の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0104] はんだ付けされた第1部材と第2部材とをそれぞれインストロン引張試験機のチャックに固定し、0.1mm/sの引張速度ではんだ強度を測定評価した結果、はんだ強度は28MPaであった。また、はんだ層の内部ボイド欠陥を超音波探傷試験装置を用いて検査した結果、不純物やその他に起因する偶発的なボイド欠陥が体積率換算で1%以下であり、凝固収縮によるボイド欠陥が全く検出されなかった。

[0105] (実施例6)

平均粒径が約20 $\mu$ mのSn-22重量%Sb粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、厚さ約0.1 $\mu$ mの $SiO_2$ 皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はん

だと平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-2重量%Cu-0.2重量%Ag粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が25体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。そして、第1部材と第2部材の表面の酸化皮膜の除去と塗布、スクリーン印刷などのはんだ層の形成を容易にするため、複合はんだに適量のフラックスと増粘剤を添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0106] 続いて、無酸素Cuベースからなる第1部材の表面に形成された直径5mm、深さ10mmの凹部に、複合はんだを充填した。複合はんだが充填された凹部に、無酸素Cuベースからなる外径3mmの棒状の第2部材を約7mmの深さまで挿入した。そして、第1部材の凹部に第2部材が挿入された状態で、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $350\ ^\circ\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0107] はんだ付けされた第1部材と第2部材とをそれぞれインストロン引張試験機のチャックに固定し、 $0.1\text{mm/s}$ の引張速度ではんだ強度を測定評価した結果、はんだ強度は40MPaであった。また、はんだ層の内部ボイド欠陥を超音波探傷試験装置を用いて検査した結果、不純物やその他に起因する偶発的なボイド欠陥が体積率換算で2%以下であり、凝固収縮によるボイド欠陥が全く検出されなかった。

[0108] (比較例3)

平均粒径が約 $20\ \mu\text{m}$ のSn-3.5重量%Ag粉末、適量のフラックスおよび増粘剤を混合し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0109] 続いて、無酸素Cuベースからなる第1部材の表面に形成された直径5mm、深さ10mmの凹部に、複合はんだを充填した。複合はんだが充填された凹部に、無酸素Cuベースからなる外径3mmの棒状の第2部材を約7mmの深さまで挿入した。そして、第1部材の凹部に第2部材が挿入された状態で、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $350\ ^\circ\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0110] はんだ付けされた第1部材と第2部材とをそれぞれインストロン引張試験機のチャックに固定し、 $0.1\text{mm/s}$ の引張速度ではんだ強度を測定評価した結果、はんだ強度は20MPaであった。また、はんだ層の内部ボイド欠陥を超音波探傷試験装置を用いて検査した結果、最終凝固部となる第1部材と第2部材の中間の位置に引け巣が発生し、複数の粗大なボイド欠陥が検出された。検出されたボイド欠陥は、体積率

換算で12%に達していた。

- [0111] この比較例3におけるはんだ強度(20MPa)は、実施例4におけるはんだ強度(45MPa)の1/2以下であることが明らかになった。また、この比較例3におけるボイド欠陥(体積率換算12%)は、実施例4におけるボイド欠陥(体積率換算1%)の12倍程度であることも明らかになった。
- [0112] これらの結果から、表面に皮膜を有するSn-57重量%Biからなる第2はんだを第1はんだに含有することで、はんだ強度が高く、ボイド欠陥の発生する割合が非常に少ないはんだ材料が得られることがわかった。また、ボイド欠陥は、第1部材と第2部材のはんだ強度を低下させる原因であることが明かになった。
- [0113] (比較例4)
- 平均粒径が約20 $\mu$ mのSn-57重量%Bi粉末からなる第2はんだと、平均粒径20 $\mu$ mのSn-0.7重量%Cu粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が15体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。そして、この複合はんだに適量のフラックスと増粘剤を添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。
- [0114] 続いて、無酸素Cuベースからなる第1部材の表面に形成された直径5mm、深さ10mmの凹部に、複合はんだを充填した。複合はんだが充填された凹部に、無酸素Cuベースからなる外径3mmの棒状の第2部材を約7mmの深さまで挿入した。そして、第1部材の凹部に第2部材が挿入された状態で、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中において、260℃の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。
- [0115] はんだ付けされた第1部材と第2部材とをそれぞれインストロン引張試験機のチャックに固定し、0.1mm/sの引張速度ではんだ強度を測定評価した結果、はんだ強度は20MPaであった。また、はんだ層の内部ボイド欠陥を超音波探傷試験装置を用いて検査した結果、最終凝固部となる第1部材と第2部材の中間の位置に引け巣が発生し、複数の粗大なボイド欠陥が検出された。検出されたボイド欠陥は、体積率換算で10%に達していた。
- [0116] この比較例4におけるはんだ強度(20MPa)は、実施例5におけるはんだ強度(28MPa)よりも30%程度低いことが明らかになった。また、この比較例4におけるボイド欠陥(体積率換算10%)は、実施例4におけるボイド欠陥(体積率換算1%)の10倍

程度であることも明らかになった。

[0117] これらの結果から、実施例5に示すように、第2はんだの表面に皮膜を有することで、はんだ強度が高く、ボイド欠陥の発生する割合が非常に少ないはんだ材料が得られることがわかった。また、第2はんだの表面に皮膜を有することで、第1はんだと第2はんだの合金化反応が阻止され、第2はんだの特徴である凝固膨張の性質が維持されて、その凝固膨張による効果を十分に発揮できることがわかった。さらに、ボイド欠陥は、第1部材と第2部材のはんだ強度を低下させる原因であることが明らかになった。

[0118] ここで、上記した実施例および比較例の測定結果を表2にまとめて示す。

[表2]

	はんだ強度, MPa	ボイド欠損含有率, %
実施例4	45	1
実施例5	28	1
実施例6	40	2
比較例3	20	12
比較例4	20	10

[0119] (第3の実施の形態)

以下、第3の実施の形態について、無鉛はんだの組成、無鉛はんだの形状、無鉛はんだのはんだ付け方法の順に説明する。

[0120] (無鉛はんだの組成)

第3の実施の形態における無鉛はんだは、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金から構成されている。

[0121] SnまたはSn基合金に含有されるCoの含有率は、求められた機械的性質や融点などによって、0.02〜2.0重量%の範囲で適宜に設定される。ここで、Coの含有率が0.02重量%よりも小さい場合には、十分な機械的性質が確保できないことがあり、2.0重量%よりも大きい場合には、融点が高くなり要素部品の許容される温度限界を越えることがある。また、SnまたはSn基合金に含有されるCoの含有率のより好ましい範囲は、0.05〜1.0重量%である。また、SnにCoを0.02〜2.0重量%の範囲で

含有した無鉛はんだの固相線が229°C、液相線が229°C〜500°Cになる。

- [0122] ここで、Sn基合金は、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cr、Cu、Fe、Ge、In、Mg、Mn、Pd、Si、Sr、Te、Znのいずれか少なくとも1種を含有し、残部がSnおよび不可避不純物からなり、融点が117〜350°Cの範囲である低融点のSn合金で構成される。
- [0123] 例えば、このような低融点のSn基合金として、In:52重量%、残部:Snおよび不可避不純物からなるSn合金(融点117°C)、Bi:57重量%、残部:Snおよび不可避不純物からなるSn合金(融点139°C)、Zn:9重量%、残部:Snおよび不可避不純物からなるSn合金(融点198°C)、Cu:4.5重量%、残部:Snおよび不可避不純物からなるSn合金(固相線227°C、液相線350°C)などが挙げられる。
- [0124] このように、SnまたはSn基合金に、Coを0.02〜2.0重量%含有することで、SnまたはSn基合金の表面張力を低下させ、ぬれ性を向上させることができる。さらに、被はんだ部材と、SnまたはSn基合金との反応を抑制し、接合界面における金属間化合物の成長を抑制することによって、熔融はんだの凝集を抑制し、ぬれ性を向上させることができる。
- [0125] また、無鉛はんだは、Coを0.02〜2.0重量%およびCuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物で構成されてもよい。
- [0126] 無鉛はんだに含有されるCoおよびCuは、求められた機械的性質や融点などによって、上記含有率の範囲内で適宜に設定される。ここで、Coの含有率が0.02重量%よりも小さい場合には、十分な機械的性質が確保できないことがあり、2.0重量%よりも大きい場合には、融点が高くなり要素部品の許容される温度限界を越えることがある。また、Cuの含有率が0.02重量%よりも小さい場合には、十分な機械的性質が確保できないことがあり、7.5重量%よりも大きい場合には、融点が高くなり要素部品の許容される温度限界を越えることがある。また、Snに含有されるCoの含有率のより好ましい範囲は、0.1〜0.5重量%であり、Cuの含有率のより好ましい範囲は、0.5〜1.0重量%である。また、Snに、Coを0.02〜2.0重量%およびCuを0.02〜7.5重量%の範囲で含有した無鉛はんだの液相線が229〜500°Cになるので、合金組成の組み合わせによって適正な液相線を得ることができる。
- [0127] このように、Coを0.02〜2.0重量%含有するSnに、Cuを0.02〜7.5重量%含

有することによって、上記したCuを含まない無鉛はんだの効果に加えて、さらにはんだ強度を向上させることができる。

[0128] さらに、無鉛はんだは、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなる第1はんだと、SnまたはPbを含まないSn基合金からなる第2はんだとから構成されてもよい。

[0129] ここで、第1はんだは、上記したCoを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金からなる無鉛はんだ、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなる無鉛はんだと同一である。第2はんだは、SnまたはPbを含まないSn基合金からなり、不可避不純物を含んだものでもよい。

[0130] また、第1はんだおよび第2はんだは、例えば、球状または不定形状の粉体、フィルム状などに形成することができる。また、粉体形状を有する第1はんだおよび第2はんだのそれぞれを、例えば、フラックスやバインダと混合したペースト状にして使用することもできる。

[0131] また、第1はんだと第2はんだとを予め混合して、使用する場合には、その混合比は、求められた機械的性質や融点などによって適宜に設定することができる。例えば、第1はんだに含有されるCoの含有率を0.02〜2.0重量%の範囲で調整し、Coを含有することによるぬれ性の向上、接合界面における金属間化合物の成長の抑制を維持するように、第1はんだと第2はんだとの混合比を設定する。また、第1はんだと第2はんだとを予め混合せずに、それぞれを積層して使用することもできる。

[0132] このように、SnまたはSn基合金に、Coを0.02〜2.0重量%含有する第1はんだと、SnまたはSn基合金からなる第2はんだとで無鉛はんだを構成することで、SnまたはSn基合金の表面張力を低下させ、ぬれ性を向上させることができる。さらに、被はんだ部材と、SnまたはSn基合金との反応を抑制し、接合界面における金属間化合物の成長を抑制することによって、熔融はんだの凝集を抑制し、ぬれ性を向上させることができる。また、Coを0.02〜2.0重量%含有するSnに、Cuを0.02〜7.5重量%含有することによって、上記したCuを含まない無鉛はんだの効果に加えて、さら

にはんだ強度を向上させることができる。

[0133] (無鉛はんだの形状)

上記した組成を有する無鉛はんだの形状について図17-20を参照して説明する。

[0134] 図17には、フィルム状に形成された無鉛はんだの斜視図が示され、図18には、ペースト状に形成された無鉛はんだの断面図が示されている。また、図19には、ワイヤー状に形成された無鉛はんだの斜視図が示され、図20には、ロッド状に形成された無鉛はんだの斜視図が示されている。

[0135] まず、図17に示されたフィルム状に形成されたフィルム状無鉛はんだ200について説明する。

[0136] このフィルム状無鉛はんだ200は、板状の無鉛はんだを、例えば、圧延加工などによりフィルム状に圧延して形成される。このフィルム状無鉛はんだ200の厚さは、20-200  $\mu$  mの範囲が好ましい。厚さが、20  $\mu$  mより小さい場合には十分な接合強度を得ることな難しく、200  $\mu$  mより大きい場合には熱伝導性や電気伝導度等が低下するからである。なお、板状の無鉛はんだは、粉体形状を有する無鉛はんだを所定の形状の金型に詰めて、加圧および加熱して形成することもできる。また、粉末から直接圧延形成することもできる。

[0137] また、上記したCoを0.02-2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金から構成される第1はんだと、SnまたはSn基合金から構成される第2はんだとをそれぞれを積層して、例えば、圧延加工などによりフィルム状に圧延して形成することで、一方の面側を第1はんだで、他方の面側を第2はんだで構成するフィルム状無鉛はんだ200を形成することもできる。なお、第1はんだには、上記したCoを0.02-2.0重量%およびCuを0.02-7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物で構成された無鉛はんだを用いてもよい。

[0138] このように第1はんだと第2はんだを積層してフィルム状無鉛はんだ200を形成する場合には、積層される第1はんだおよび第2はんだは、フィルム状、粉体などの形状を採ることができる。ここで、第1はんだおよび第2はんだが、球状または不定形状の粉体で形成される場合、その粉体の平均粒径は、25-50  $\mu$  mの範囲が好ましい。

平均粒径が、 $25\ \mu\text{m}$ より小さい場合には歩留が悪く、不経済的であり、 $50\ \mu\text{m}$ より大きい場合にははんだ厚さをコントロールすることが難しいからである。

[0139] 続いて、図18に示されたペースト状に形成されたペースト状無鉛はんだ210について説明する。

[0140] このペースト状無鉛はんだ210は、球状または不定形状の粉体形状を有する無鉛はんだ220を、フラックス221やバインダ222と混合して形成される。

[0141] フラックス221は、はんだと、このはんだで接合される部材との間の酸化皮膜を除去し、加熱中に再び酸化するのを防止するものである。このフラックス221として、一般的に用いられているアミンハロゲン塩または有機酸などの活性化剤が用いられるが、これらに限られるものではなく、一般的に使用されているものならば用いることができる。ペースト状無鉛はんだ210中のフラックス221の含有率は、10～15重量%の範囲で適宜に設定することができる。フラックス221の含有率が10重量%より小さい場合には、はんだとこのはんだ材料で接合される部材との間の酸化皮膜を除去し、加熱中に再び酸化するのを防止する効果が小さく、15重量%より大きい場合には、その効果の向上を望めず、残渣が多くなるからである。

[0142] また、フラックス221中の固形分の含有率は、30～60重量%の範囲で適宜に設定することができる。固形分含有率が30重量%より小さい場合には、要素部品の表面に塗布または印刷されたはんだ材料の付着状態が不十分となり、60重量%より大きい場合には、残渣が多くなり、はんだ接合部にボイド欠陥が生じ易いからである。

[0143] 球状または不定形状の粉体形状を有する無鉛はんだ220の平均粒径は、 $25\sim 50\ \mu\text{m}$ の範囲が好ましい。平均粒径が、 $25\ \mu\text{m}$ より小さい場合には歩留が悪く不経済的であり、 $50\ \mu\text{m}$ より大きい場合には、はんだの厚さをコントロールすることが難しいからである。

[0144] 続いて、図19に示されたワイヤー状に形成されたワイヤー状無鉛はんだ230について説明する。

[0145] このワイヤー状無鉛はんだ230は、無鉛はんだからなる部材を、例えば、引抜き加工して形成される。また、ワイヤー状無鉛はんだ230は、粉体形状を有する無鉛はんだを所定の形状の金型に詰めて、加圧および加熱して形成することもできる。さらに、

ワイヤー状無鉛はんだ230は、熔融した無鉛はんだを所定の形状の金型に流し込み、その後冷却して形成することもできる。

[0146] 続いて、図20に示されたロッド状に形成されたロッド状無鉛はんだ240について説明する。

[0147] また、図20に示されたロッド状に形成されたロッド状無鉛はんだ240は、粉体形状を有する無鉛はんだを所定の形状の金型に詰めて、加圧および加熱して形成される。また、さらに、ロッド状無鉛はんだ240は、熔融した無鉛はんだを所定の形状の金型に流し込み、その後冷却して形成することもできる。

[0148] このように、無鉛はんだは、フィルム状、ペースト状、ワイヤー状、ロッド状などの形状を採ることができ、無鉛はんだを使用する用途に応じて最適な形態の無鉛はんだを用いることができる。なお、無鉛はんだの形状は、上記した形状に限られるものではなく、適宜に用途に応じて形状を変えて形成することができる。

[0149] ここで、無鉛はんだを球状または不定形状の粉体に形成する方法の一例を説明する。

[0150] まず、無鉛はんだを加熱し熔融し、この熔融した混合物を、例えば、 $N_2$ ガス、 $He$ ガス、 $Ar$ ガス、 $N_2/Ar$ 混合ガスなどの不活性ガスを用いたアトマイズ法などによって微粒化し、固化する。このアトマイズ法は、熔融した混合物を不活性ガスとともにノズルから超音速または超音速で噴射して、不活性ガスのジェット流によって熔融した混合物を微粒化するものである。そして、微粒化された無鉛はんだの粉体から、例えば、篩などを用いて所定の範囲の平均粒径を有する粉体が選別される。

[0151] 微粒化され固化された無鉛はんだの粉体は、ノズルから噴射される不活性ガスのジェット流の速度が大きい方がより平均粒径の小さなものとなる。特に、ジェット流が、例えば、音速の2〜3倍程度の超音速状態に達すると、衝撃波による微粒化の効果が加わり、粉体の平均粒径をより小さくすることができる。また、不活性ガスをジェット流として用いるため、粉体の表面における酸化を抑制することができる。不活性ガスの代わりに空気や水を用いることもできるが、空気や水を用いた場合には、粉体の表面の酸化を抑制する効果が小さく、また、特に水を用いた場合には粉体の形状が球状になり難いので、ジェット流には不活性ガスを用いるのが好ましい。

[0152] (無鉛はんだのはんだ付け方法)

次に、無鉛はんだのはんだ付け方法について、図21および22を参照して説明する。

[0153] 図21には、無鉛はんだ220によって接合された第1要素部材250および第2要素部材251の断面図が示されている。また、図22には、2種類の無鉛はんだ252、253によって接合された第1要素部材250および第2要素部材251の断面図が示されている。

[0154] 図21に示すはんだ付け方法では、無鉛はんだ220を第1要素部材250と第2要素部材251との間に配置する。そして、これを、例えば、大気中または不活性ガス雰囲気中において、無鉛はんだ220の融点以上の温度に加熱する。加熱されることによって融解した無鉛はんだ220は、冷却工程を経て、図21に示すような断面形状のはんだ接合部になる。ここで使用される無鉛はんだ220は、上述したフィルム状、ペースト状、ワイヤー状、粉体状などの形状を有する無鉛はんだを使用することができる。

[0155] また、図22に示すはんだ付け方法では、上述したCoを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金から構成される第1はんだ252、およびSnまたはSn基合金から構成される第2はんだ253を積層し、この積層したはんだを、第1要素部材250と第2要素部材251との間に配置する。そして、これを、例えば、大気中または不活性ガス雰囲気中において、無鉛はんだの融点以上の温度に加熱する。加熱されることによって融解した第1はんだ252および第2はんだ253は、冷却工程を経て、図22に示すような断面形状のはんだ接合部になる。なお、第1はんだ252には、上記したCoを0.02〜2.0重量%およびCuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物で構成された無鉛はんだを用いてもよい。

[0156] この結合部では、第1要素部材250には、第1はんだ252が接合し、第2要素部材251には、第2はんだ253が接合した構成が示されているが、第1はんだ253および第2はんだ252が積層される順は、適宜に設定される。

[0157] この無鉛はんだは、使用用途を限定されるものではないが、例えば、熱伝導性、ぬれ性、機械的強度などが要求される電子部品と基板の接合、電子部品どうしの接合などに用いることが好ましい。ここで、第1要素部材250は、例えば、電子部品の基板

などで構成することができ、第2要素部材251は、例えば、チップ部品などの電子部材などで構成することができる。そして、これらの基板や電子部材を、第1はんだ252および第2はんだ253や無鉛はんだ220などで接合することができる。また、第1はんだ252および第2はんだ253や無鉛はんだ220は、このようなダイボンド以外にも、ワイヤボンドなどにも使用することができる。

[0158] このように、第1要素部材250と第2要素部材251との接合に、Coを0.02〜2.0重量%含有した第1はんだ252および第2はんだ253や無鉛はんだ220を用いることで、SnまたはSn基合金の表面張力を低下させ、ぬれ性を向上させることができる。さらに、第1要素部材250および第2要素部材251と、SnまたはSn基合金との反応を抑制し、接合界面における金属間化合物の成長を抑制することによって、熔融はんだの凝集を抑制し、ぬれ性を向上させることができる。これによって、ボイド欠陥の発生が抑制され、熱伝導性、機械的強度などに優れたはんだ接合部を得ることができる。

[0159] 次に、第3の実施の形態における具体的な実施例について説明する。

[0160] (実施例7)

Sn-0.7重量%Cu-0.2重量%Coからなる無鉛はんだを熔融し、厚さ30mm、幅100mm、長さ200mmのインゴットを鑄造した。次に、インゴットを圧延し、厚さ0.1mm、幅100mmのフィルム状はんだを作製した。次に、図23に示すように、厚さ3mm、幅50mm、長さ100mmの2枚の銅板260、261の間に、厚さ0.1mm、幅50mm、長さ50mmのフィルム状はんだ262を設置した。続いて、窒素ガス雰囲気中において、300℃の温度で5分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0161] はんだ付けされた接合体を0.1mm/minの引張速度のせん断試験を行なった結果、せん断強度が38MPaであった。

[0162] また、窒素ガス雰囲気中で加熱し、熔融したSn-0.7重量%Cu-0.2重量%Coからなる無鉛はんだの表面張力 $\gamma_L$ を滴下法を用いて測定した。この滴下法では、円形の管口から滴下される液滴は、その重量が表面張力に打ち勝って落下するという性質を利用して、表面張力の測定を行う。

[0163] 図24に示すように、熔融されたSn-0.7重量%Cu-0.2重量%Coからなる無鉛はんだ265は、内径0.3mmのノズル266に供給される。そして、ノズル266の先端

に無鉛はんだ265の液滴が形成され、液滴が所定の重量になったときに落下した。ここで、ノズル266から落下する直前の無鉛はんだ265のくびれ径(L)および落下した液滴の重量(mg)を測定した。

[0164] ここで、敵下法により、1つの液滴の質量をmとしたときに液滴を下方に引く力(液滴の重量)(mg)は、落下する直前の表面張力( $\gamma_L$ )に等しいという関係から、次の関係式が成り立つ。

$$\gamma_L = mg / 2\pi L \cdots \text{式(1)}$$

[0165] この式(1)に測定した、落下する直前の無鉛はんだ110のくびれ径(L)および落下した液滴の重量(mg)を代入して、無鉛はんだ110の表面張力( $\gamma_L$ )を算出した結果、表面張力( $\gamma_L$ )は、0.36N/mであった。

[0166] なお、表面張力( $\gamma_L$ )とぬれ性との関係は、表面張力( $\gamma_L$ )が小さいほどぬれ性に優れていることになる。

[0167] さらに、X線マイクロアナライザ(EPMA; Electron Probe Micro-Analysis)を用いて、フィルム状はんだ262で接合された銅板260、261の断面について、元素分析を行った。その元素分析を行った結果を図25Aおよび図25Bに示す。なお、図25Aおよび図25Bには、1つの銅板260上の結果が示されている。

[0168] この測定結果から、図25Aに示すように、接合面270を介して銅板260に接合されているはんだ層271は、はんだ層271の接合面270に面した部分に形成された第1はんだ層271a、および第1はんだ層271aの接合面270側とは反対側に形成された第2はんだ層271bの2層から主に形成されていることがわかる。また、第1はんだ層271aは、第2はんだ層271b側に顕著な起伏を生じることなく、比較的平坦に接合面270に沿って形成されている。

[0169] 続いて、この断面において、Snの元素分析を行うと、第2はんだ層271bに含まれるSnの濃度に比べて、第1はんだ層271aに含まれるSnの濃度は低かった。また、この断面において、Cuの元素分析を行うと、第2はんだ層271bに含まれるCuの濃度に比べて、第1はんだ層271aに含まれるCuの濃度は高かった。さらに、この断面において、Coの元素分析を行うと、図25Bに示すように、第1はんだ層271aの特に接合面270側に、接合面270に沿ってCoの濃度が高い領域272が存在した。

- [0170] 以上の結果から、第1はんだ層271aは、 $\eta$  ( $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$ :Sn43.5-45.5原子%)の共晶組織にCoを、第2はんだ層271bに比べて多く含んだSn-Cu-Coからなる金属間化合物層で主に形成されていることがわかった。特に、この金属間化合物層の接合面270側には、接合面270に沿ってCoの濃度の高い領域272が偏在することがわかった。また、第2はんだ層271bは、使用する無鉛はんだで主に形成されていることがわかった。
- [0171] (実施例8)
- Sn-0.7重量%Cu-2重量%Coからなる無鉛はんだを熔融し、厚さ30mm、幅100mm、長さ200mmのインゴットを鑄造した。次に、インゴットを圧延し、厚さ0.1mm、幅100mmのフィルム状はんだを作製した。次に、図23に示すように、厚さ3mm、幅50mm、長さ100mmの2枚の銅板260、261の間に、厚さ0.1mm、幅50mm、長さ50mmのフィルム状はんだ262を設置した。続いて、窒素ガス雰囲気中において、300°Cの温度で5分間加熱し、はんだ付けを行った。
- [0172] はんだ付けされた接合体を0.1mm/minの引張速度のせん断試験を行なった結果、せん断強度が42MPaであった。
- [0173] また、実施例7で示した表面張力( $\gamma_L$ )の測定方法と同じ測定方法で、熔融したSn-0.7重量%Cu-2重量%Coからなる無鉛はんだの表面張力( $\gamma_L$ )を算出した結果、表面張力( $\gamma_L$ )は、0.35N/mであった。
- [0174] さらに、X線マイクロアナライザ(EPMA; Electron Probe Micro-Analysis)を用いて、フィルム状はんだ262で接合された銅板260、261の断面について、元素分析を行った。
- [0175] その結果、図示はしていないが、実施例7の図25Aおよび図25Bに示した結果と同様な結果を得ることができた。つまり、図25Aおよび図25Bに示した符号を用いて説明すると、接合面270を介して銅板260に接合されているはんだ層271は、はんだ層271の接合面270に面した部分に形成された第1はんだ層271a、および第1はんだ層271aの接合面270側とは反対側に形成された第2はんだ層271bの2層から主に形成されていることがわかった。また、第1はんだ層271aは、第2はんだ層271b側に顕著な起伏を生じることなく、比較的平坦に接合面270に沿って形成されていた。

- [0176] この元素分析結果をまとめると、第1はんだ層271aは、 $\eta$  ( $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$ :Sn43.5~45.5原子%)の共晶組織にCoを、第2はんだ層271bに比べて多く含んだSn-Cu-Coからなる金属間化合物層で主に形成されていることがわかった。特に、この金属間化合物層の接合面270側には、接合面270に沿ってCoの濃度の高い領域272が偏在することがわかった。また、第2はんだ層271bは、使用する無鉛はんだで主に形成されていることがわかった。
- [0177] (実施例9)
- Sn-0.7重量%Cu-0.02重量%Coからなる無鉛はんだを熔融し、厚さ30mm、幅100mm、長さ200mmのインゴットを鑄造した。次に、インゴットを圧延し、厚さ0.1mm、幅100mmのフィルム状はんだを作製した。次に、図23に示すように、厚さ3mm、幅50mm、長さ100mmの2枚の銅板260、261の間に、厚さ0.1mm、幅50mm、長さ50mmのフィルム状はんだ262を設置した。続いて、窒素ガス雰囲気中において、300℃の温度で5分間加熱し、はんだ付けを行った。
- [0178] はんだ付けされた接合体を0.1mm/minの引張速度のせん断試験を行なった結果、せん断強度が32MPaであった。
- [0179] また、実施例7で示した表面張力( $\gamma_L$ )の測定方法と同じ測定方法で、熔融したSn-0.7重量%Cu-0.02重量%Coからなる無鉛はんだの表面張力( $\gamma_L$ )を算出した結果、表面張力( $\gamma_L$ )は、0.38N/mであった。
- [0180] さらに、X線マイクロアナライザ(EPMA; Electron Probe Micro-Analysis)を用いて、フィルム状はんだ262で接合された銅板260、261の断面について、元素分析を行った。
- [0181] その結果、図示はしていないが、実施例7の図25Aおよび図25Bに示した結果と同様な結果を得ることができた。つまり、図25Aおよび図25Bに示した符号を用いて説明すると、接合面270を介して銅板260に接合されているはんだ層271は、はんだ層271の接合面270に面した部分に形成された第1はんだ層271a、および第1はんだ層271aの接合面270側とは反対側に形成された第2はんだ層271bの2層から主に形成されていることがわかった。また、第1はんだ層271aは、第2はんだ層271b側に顕著な起伏を生じることなく、比較的平坦に接合面270に沿って形成されていた。

- [0182] この元素分析結果をまとめると、第1はんだ層271aは、 $\eta$  ( $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$ :Sn43.5~45.5原子%)の共晶組織にCoを、第2はんだ層271bに比べて多く含んだSn-Cu-Coからなる金属間化合物層で主に形成されていることがわかった。特に、この金属間化合物層の接合面270側には、接合面270に沿ってCoの濃度の高い領域272が偏在することがわかった。また、第2はんだ層271bは、使用する無鉛はんだで主に形成されていることがわかった。
- [0183] (比較例5)
- Sn-0.7重量%Cuからなる無鉛はんだを溶融し、厚さ30mm、幅100mm、長さ200mmのインゴットを鑄造した。次に、インゴットを圧延し、厚さ0.1mm、幅100mmのフィルム状はんだを作製した。次に、図23に示すように、厚さ3mm、幅50mm、長さ100mmの2枚の銅板260、261の間に、厚さ0.1mm、幅50mm、長さ50mmのフィルム状はんだ262を設置した。続いて、窒素ガス雰囲気中において、300°Cの温度で5分間加熱し、はんだ付けを行った。
- [0184] はんだ付けされた接合体を0.1mm/minの引張速度のせん断試験を行なった結果、せん断強度が28MPaであった。
- [0185] また、実施例7で示した表面張力( $\gamma_L$ )の測定方法と同じ測定方法で、溶融したSn-0.7重量%Cuからなる無鉛はんだの表面張力( $\gamma_L$ )を算出した結果、表面張力( $\gamma_L$ )は、0.41N/mであった。
- [0186] さらに、X線マイクロアナライザ(EPMA; Electron Probe Micro-Analysis)を用いて、フィルム状はんだ262で接合された銅板260、261の断面について、元素分析を行った。その元素分析を行った結果を図26に示す。なお、図26には、1つの銅板260上の結果が示されている。
- [0187] この測定結果から、図26に示すように、接合面280を介して銅板260に接合されているはんだ層281は、はんだ層281の接合面280に面した部分に形成された第1はんだ層281a、および第1はんだ層281aの接合面280側とは反対側に形成された第2はんだ層281bの2層から主に形成されていることがわかる。また、第1はんだ層281aは、第2はんだ層281b側に激しく起伏している。また、第1はんだ層281aの第2はんだ層281b側に突出する高さは、実施例7で示した第1はんだ層271aのそれに

比べて、2〜3倍程度になっている部分も多くみられる。なお、他の実施例においては図は示していないが、他の実施例においても実施例7と同様の結果を得たことから、第1はんだ層281aの第2はんだ層281b側に突出する高さは、実施例8および9の第1はんだ層のそれに比べても、2〜3倍程度になっている部分が多いと言える。

[0188] 続いて、この断面において、Snの元素分析を行うと、第2はんだ層281bに含まれるSnの濃度に比べて、第1はんだ層281aに含まれるSnの濃度は低かった。また、この断面において、Cuの元素分析を行うと、第2はんだ層281bに含まれるCuの濃度に比べて、第1はんだ層281aに含まれるCuの濃度は高かった。

[0189] 以上の結果から、第1はんだ層281aは、 $\eta$  ( $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$ :Sn43.5〜45.5原子%)の共晶組織からなる金属間化合物層で主に形成されていることがわかった。また、第2はんだ層281bは、使用する無鉛はんだで主に形成されていることがわかった。

[0190] 上記の比較例5の測定結果と実施例7〜9の測定結果とを比較し考察すると、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだは、Coを含有しないSn-0.7重量%Cuからなる無鉛はんだよりも熔融状態における表面張力が小さく、ぬれ性に優れていることがわかった。

[0191] また、せん断試験を行なった結果、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだは、Coを含有しないSn-0.7重量%Cuからなる無鉛はんだよりもせん断強度が高いことがわかった。

[0192] また、元素分析の結果から、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだでは、接合面270に沿って形成される金属間化合物層の起伏が少なく平坦であるのに対し、Coを含有しないSn-0.7重量%Cuからなる無鉛はんだでは、金属間化合物層の起伏が激しく、その起伏の高さは、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだにおける起伏の高さの2〜3倍程度になっている部分が多くみられた。

[0193] さらに、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだでは、第1はんだ層271aの接合面270側には、接合面270に沿ってCoの濃度の高い領域272が偏在することがわかった。

[0194] 以上の比較から、実施例7〜9のCoを所定の含有率で含有する無鉛はんだにおい

て、Coを含有することで、表面張力が抑えられ、ぬれ性を向上させることができ、さらに、 $\eta$  ( $\text{Sn}_5\text{Cu}_6$ :Sn43.5-45.5原子%)の共晶組織からなる金属間化合物層の生成および成長を抑制することができることがわかった。これによって、はんだ接合強度が向上されることがわかった。

[0195] (第4の実施の形態)

以下、第4の実施の形態の耐酸化性はんだについて説明する。

[0196] 耐酸化性はんだは、主成分のSnと共晶合金を形成するIb銅族金属のCu、Ag、AuまたはVIIIの1鉄族金属のCo、Niから選ばれた少なくとも一種の金属からなる第1従成分を0.02-12重量%含有し、かつこの第1従成分と固溶体合金を形成し、主成分であるSnとは固溶体合金を形成しないMn、Pd、Ptの金属から選ばれた少なくとも一種の金属からなる第2従成分を0.02-1.2重量%含有し、残部がSnと不可避不純物で構成されている。

[0197] 耐酸化性はんだ全体に対する第1従成分の含有量は、主成分のSnと第1従成分の金属との共晶組成またはその共晶組成近傍であれば良いが、耐酸化性はんだに求められる機械的性質や融点によって適宜に設定される。例えば、第1従成分であるCu、Ag、Au、Co、Niがそれぞれ単独で含有される場合には、各第1従成分は、Cu:0.02-1.2重量%、Ag:3.0-4.0重量%、Au:9.0-12.0重量%、Co:0.02-1.0重量%、Ni:0.02-0.6重量%の範囲で含有される。また、第1従成分の複数の成分を組み合わせて含有する場合には、耐酸化性はんだ全体に対する第1従成分の含有率が0.02-12重量%の範囲で適宜に設定されることが好ましい。第1従成分の含有量が上記した所定の範囲より少ないと十分な機械的性質が確保できず、多いと融点が高く、要素部品の許容な温度限界を越えることがある。

[0198] 耐酸化性はんだ全体に対する第2従成分の含有量は、耐酸化性はんだに求められる機械的性質や融点によって適宜に設定される。例えば、第2従成分であるMn、Pd、Ptがそれぞれ単独で含有される場合には、各第2従成分は、Mn:0.02-1.2重量%、Pd:0.02-0.6重量%、Pt:0.02-0.6重量%の範囲で含有される。また、第2従成分の複数の成分を組み合わせて含有する場合には、耐酸化性はんだ全体に対する第2従成分の含有率が0.02-1.2重量%の範囲で適宜に設定され

ことが好ましい。第2従成分の含有量が上記した所定の範囲より少ないと十分な金属間化合物における酸化物の生成を抑制する効果が得られず、多いと融点が高く、材料コストが増加する。

- [0199] また、耐酸化性はんだは、球状または不定形状の粉末であることが好ましく、その平均粒径は、1～100  $\mu\text{m}$ の範囲が好ましい。耐酸化性はんだの平均粒径が1  $\mu\text{m}$ 未満では、冷却速度が速く、均一な組織の耐酸化性はんだが得られるが、はんだ付け工程において、所定の厚さのはんだ層を形成するための所要時間が長くなることがある。また、耐酸化性はんだの平均粒径が100  $\mu\text{m}$ を超えると、はんだ層の厚さを適宜に調整するのが困難になることがある。
- [0200] この耐酸化性はんだによれば、第2従成分と固溶体を形成することによって、第2従成分に第1従成分の金属がトラップされ、主成分のSnと結合するフリーな第1従成分の金属が減少する。これによって、電気化学的により低い還元電位を有し、金属間化合物における酸化物の生成を抑制することができるため、熱伝導特性を向上させ、さらに、はんだ強度、特に熱疲労強度を著しく向上させることができる。また、この耐酸化性はんだでは、金属間化合物における酸化物の生成を抑制することができるため、ぬれ性を向上させることができる。
- [0201] 次に、耐酸化性はんだの製造方法の一例を示す。
- [0202] まず、所定の割合で混合された第1従成分の金属、第2従成分の金属およびSnからなる混合物を加熱し溶解する。続いて、溶解した混合物は、金型に流し込まれ冷却され固化される。この冷却工程における混合物の冷却速度は、10°C/秒程度である。なお、金型として水冷機能を有する金型を用いてもよく、この場合の混合物の冷却速度は、100°C/秒程度であり、より均一な組成の耐酸化性はんだを得ることができる。また、耐酸化性はんだは、圧延などにより箔体として形成することもできる。
- [0203] この耐酸化性はんだの製造方法によれば、溶解した液相状態の混合物を10°C/秒以上の冷却速度で急冷凝固するため、凝固偏析を生じることなく均一な組成の耐酸化性はんだを得ることができる。
- [0204] また、耐酸化性はんだは、次の製造方法でも作製することができる。
- [0205] まず、所定の割合で混合された第1従成分の金属、第2従成分の金属およびSnか

らなる混合物を加熱し溶解する。続いて、第3の実施の形態で述べたアトマイズ法によって、耐酸化性はんだの粉末を作製してもよい。

- [0206] この第3の実施の形態で述べた不活性ガスを用いたアトマイズ法では、微粒化された粉末は、103〜105°C/秒のオーダの冷却速度で冷却されるため、凝固偏析を生じることなく均一な組成の耐酸化性はんだを得ることができる。
- [0207] 次に、上述した耐酸化性はんだの製造方法により得られた耐酸化性はんだを用いたはんだ付け方法について、図27A、図27B、図27C、図27Dおよび図27Eを参照して説明する。図27A、図27B、図27C、図27Dおよび図27Eには、平板で構成された第1要素部材300と第2要素部材301を耐酸化性はんだ302によってはんだ付けする工程が示されている。
- [0208] まず、第1要素部材300と第2要素部材301のはんだ付け面に形成された酸化皮膜303を取り除く(図27Aおよび図27B参照)。この酸化皮膜303は、例えば、ショットブラストやエアブラストなどによって、研削材を空気または不活性ガスとともに数m/秒〜数十m/秒の速度で第1要素部材300と第2要素部材301のはんだ付け面に衝突させることで削り取ることができる。研削材は、例えば、鋼、SiC、 $Al_2O_3$ などの球状の粒子であることが好ましい。また、研削材の平均粒径は、要求される表面粗度によって適宜に選定するが、一般に10 $\mu$ m〜50 $\mu$ mの範囲が好ましい。また、酸化皮膜303は、第1要素部材300と第2要素部材301のはんだ付け面をエッチング液に浸けることによって、化学的に除去することもできる。
- [0209] 続いて、酸化皮膜303が取り除かれた第1要素部材300のはんだ付け面に、耐酸化性はんだ302の粉末を均一に設置する(図27C参照)。そして、耐酸化性はんだ302の粉末が設置された第1要素部材300の上に、第2要素部材301のはんだ付け面を下にして第2要素部材301を積層する(図27D参照)。この積層された積層部材を、例えば、大気中または不活性ガス雰囲気中において、耐酸化性はんだ302の融点以上の温度に加熱する。加熱されることによって融解した耐酸化性はんだ302の粉末は、冷却工程を経て、図27Eに示すような断面形状のはんだ接合部304になる。
- [0210] このはんだ付け方法では、電気化学的により低い還元電位を有し、金属間化合物

における酸化物の生成を抑制することができる耐酸化性はんだ302を用いているため、はんだ接合部304における熱伝導特性を向上させ、さらに、はんだ強度、特に熱疲労強度を著しく向上させることができる。また、耐酸化性はんだ302では、金属間化合物における酸化物の生成を抑制することができるため、ぬれ性を向上させることができ、はんだ接合部304におけるポイド欠陥の発生を抑制することができる。

[0211] また、酸化皮膜303が取り除かれた第1要素部材300のはんだ付け面に、耐酸化性はんだ302を均一に設置する他の方法について、図28を参照して説明する。

[0212] この設置方法は、耐酸化性はんだ302の粉末を、室温の大気中または不活性ガス雰囲気中において、空気または不活性ガスとともに第1要素部材300のはんだ付け面に高速で衝突させ、耐酸化性はんだを第1要素部材300のはんだ付け面に積層するものである。なお、同様な方法で、耐酸化性はんだ302の粉末を第2要素部材301のはんだ付け面に積層させてもよい。

[0213] ここで、空気または不活性ガスとともに、第1要素部材300や第2要素部材301のはんだ付け面に衝突する耐酸化性はんだ302の粉末の衝突速度は、100m/秒以上であることが好ましい。この衝突速度以上であれば、図28に示すように、耐酸化性はんだ302の粉末が十分に塑性変形し、第1要素部材300や第2要素部材301のはんだ付け面に積層することができる。

[0214] また、この耐酸化性はんだ302の設置は、大気中で、かつ耐酸化性はんだ302の搬送媒体に空気を用いて行われてもよいが、耐酸化性はんだ302が第1要素部材300や第2要素部材301のはんだ付け面に衝突した際に生じる熱による酸化を防止するため、不活性ガス雰囲気中で、かつ耐酸化性はんだ302の搬送媒体に不活性ガスを用いて行われることが好ましい。なお、耐酸化性はんだ302の第1要素部材300や第2要素部材301のはんだ付け面への積層は、ショットブラストやエアブラストによって行うことができる。

[0215] このはんだ付け方法では、電気化学的により低い還元電位を有し、金属間化合物における酸化物の生成を抑制することができる耐酸化性はんだ302を用いているため、はんだ接合部304における熱伝導特性を向上させ、さらに、はんだ強度、特に熱疲労強度を著しく向上させることができる。また、耐酸化性はんだ302では、金属間

化合物における酸化物の生成を抑制することができるため、ぬれ性を向上させることができ、はんだ接合部304におけるボイド欠陥の発生を抑制することができる。

[0216] また、このはんだ付け方法では、酸化皮膜303が取り除かれた第1要素部材300と第2要素部材301のはんだ付け面に、耐酸化性はんだ302が積層されるため、はんだ付けの際に、酸化皮膜303を取り除くためおよび耐酸化性はんだ302を塗布するために用いられるフラックスを用いる必要がない。したがって、フラックス中に含有される増粘剤が、はんだ接合部304に残渣として残存することがないため、熱伝達特性、はんだ強度、熱疲労強度などを向上させることができる。

[0217] 次に、第4の実施の形態における具体的な実施例について説明する。

[0218] (実施例10)

Sn-0.7重量%Cu-0.1重量%Pdを溶解し、圧力が20kgf/cm<sup>2</sup>のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性はんだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が5 μm-35 μmの範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0219] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末を、N<sub>2</sub>ガスとともに、衝突速度約150 m/秒でNiメッキしたCu板のはんだ付け面に衝突させ積層し、厚さ約100 μmのはんだ層を成形した。

[0220] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中において、260°Cの温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0221] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した結果、ボイド欠陥の占有率は6体積%であった。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は32MPaであった。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が-40°C-100°Cの条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められなかった。

[0222] (実施例11)

Sn-3.5Ag重量%Cu-0.1重量%Pdを溶解し、圧力が20kgf/cm<sup>2</sup>のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性は

んだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が $5\ \mu\text{m}$ ～ $35\ \mu\text{m}$ の範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0223] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末を、 $\text{N}_2$ ガスとともに、衝突速度約 $150\ \text{m}/\text{秒}$ でNiメッキしたCu板のはんだ付け面に衝突させ積層し、厚さ約 $100\ \mu\text{m}$ のはんだ層を成形した。

[0224] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $260^\circ\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0225] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した結果、ボイド欠陥の占有率は7.5体積%であった。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は46MPaであった。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が $-40^\circ\text{C}$ ～ $100^\circ\text{C}$ の条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められなかった。

[0226] (実施例12)

Sn-0.7重量%Cu-0.2重量%Mnを溶解し、圧力が $20\ \text{kgf}/\text{cm}^2$ のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性はんだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が $5\ \mu\text{m}$ ～ $35\ \mu\text{m}$ の範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0227] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末に、フラックスを10重量%添加し、ペースト状のはんだを調合した。続いて、このペースト状のはんだをCu板のはんだ付け面にスクリーン印刷し、厚さ約 $100\ \mu\text{m}$ の印刷皮膜を形成した。

[0228] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $260^\circ\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0229] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した結果、ボイド欠陥の占有率は7体積%であった。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は35MPaであった。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が $-40^\circ\text{C}$ ～ $100^\circ\text{C}$ の条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められな

かった。

[0230] (実施例13)

Sn-0.5重量%Cu-0.2重量%Ni-0.2重量%Mnを溶解し、圧力が20kgf/cm<sup>2</sup>のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性はんだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が5 μm〜35 μmの範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0231] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末に、フラックスを10重量%添加し、ペースト状のはんだを調合した。続いて、このペースト状のはんだをCu板のはんだ付け面にスクリーン印刷し、厚さ約100 μmの印刷皮膜を形成した。

[0232] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中において、260℃の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0233] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した結果、ボイド欠陥の占有率は5体積%であった。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は40MPaであった。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が-40℃〜100℃の条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められなかった。

[0234] (比較例6)

Sn-0.75重量%Cuはんだを溶解し、圧力が20kgf/cm<sup>2</sup>のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性はんだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が5 μm〜35 μmの範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0235] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末に、フラックスを10重量%添加し、ペースト状のはんだを調合した。続いて、このペースト状のはんだをCu板のはんだ付け面にスクリーン印刷し、厚さ約100 μmの印刷皮膜を形成した。

[0236] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、N<sub>2</sub>ガス雰囲気中において、260℃の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0237] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した

結果、ボイド欠陥の占有率は15体積%であり、この占有率は、実施例10におけるボイド欠陥の占有率の2.5倍である。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は13MPaであり、このせん断強度は、実施例10におけるせん断強度の約2/5倍である。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が $-40^{\circ}\text{C}$ ～ $100^{\circ}\text{C}$ の条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められた。

[0238] この結果と実施例10の結果から、第2従成分を含有することで、ボイド欠陥の占有率を低減することができ、はんだ接合部の断面におけるせん断強度を向上できることがわかる。さらに、第2従成分を含有することで、熱疲労にも優れた特性を示すことがわかる。

[0239] (比較例7)

Sn-3.5重量%Agはんだを溶解し、圧力が $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ のArガスを用いたアトマイズ法により、耐酸化性はんだの粉末を製造した。得られた耐酸化性はんだの粉末を篩いにかけて、平均粒径が $5\mu\text{m}$ ～ $35\mu\text{m}$ の範囲の耐酸化性はんだの粉末を採取した。

[0240] 次に、この採取された耐酸化性はんだの粉末に、フラックスを10重量%添加し、ペースト状のはんだを調合した。続いて、このペースト状のはんだをCu板のはんだ付け面にスクリーン印刷し、厚さ約 $100\mu\text{m}$ の印刷皮膜を形成した。

[0241] 続いて、Cu板のはんだ付け面に積層されたはんだ層の上にSiN基板を設置し、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、 $260^{\circ}\text{C}$ の温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

[0242] はんだ付けされた積層部材を超音波探傷試験法によりボイド欠陥を測定評価した結果、ボイド欠陥の占有率は17体積%であり、この占有率は、実施例11におけるボイド欠陥の占有率の2倍以上である。また、はんだ付けされた積層部材のはんだ接合部の断面におけるせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は18MPaであり、このせん断強度は、実施例11におけるせん断強度の約2/5倍である。さらに、負荷せん断応力が15MPaで、温度が $-40^{\circ}\text{C}$ ～ $100^{\circ}\text{C}$ の条件で熱疲労試験を行った結果、1000サイクル経過してもクラックの発生が認められた。

[0243] この結果と実施例11の結果から、第2従成分を含有することで、ボイド欠陥の占有

率を低減することができ、はんだ接合部の断面におけるせん断強度を向上できることがわかる。さらに、第2従成分を含有することで、熱疲労にも優れた特性を示すことがわかる。

[0244] ここで、上記した実施例および比較例のはんだの組成および測定結果を表3にまとめて示す。

[表3]

	第1従成分(重量%)				第2従成分(重量%)			Sn	ポット欠陥 占有率 (体積%)	せん断強 度 (MPa)	熱サイクル試験 負荷応力:15MPa 温度範囲:-40~100°C 繰返し回数:1000サイクル
	Cu	Ag	Ni		Mn	Pd					
実施例10	0.7	—	—	—	—	0.1	残量	6	32	クラック発生なし	
実施例11	—	3.5	—	—	—	0.1	残量	7.5	46	クラック発生なし	
実施例12	0.7	—	—	—	0.2	—	残量	7	35	クラック発生なし	
実施例13	0.5	—	0.2	—	0.2	—	残量	5	40	クラック発生なし	
比較例6	0.7	—	—	—	—	—	残量	15	13	クラック発生	
比較例7	—	3.5	—	—	—	—	残量	17	18	クラック発生	

[0245] (第5の実施の形態)

以下、第5の実施の形態のはんだ材料について説明する。

- [0246] 第5の実施の形態のはんだ材料は、第1の実施の形態で説明したはんだの第1はんだを、第3の実施の形態で説明した無鉛はんだで構成したものである。
- [0247] つまり、第1はんだは、Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%およびCuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなるSn基合金で構成される。第2はんだは、第1の実施の形態で説明したものと同じであり、凝固時に膨張する性質を有するBi、Sb、Ga、Geなどの元素金属、または、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金などで構成される。また、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金にそれぞれ含有されるBi、Sb、Ga、Geの含有率は、第1の実施の形態で説明したとおりである。
- [0248] また、第1はんだ中の第2はんだの含有率は、第1の実施の形態における場合と同様であり、接合する部材の熱膨張係数の差により算出したはんだ相内の歪み量によって、5〜50体積%の範囲で適宜に設定される。
- [0249] また、第2はんだの表面に形成される反応防止膜は、第1はんだを構成する材料の融点より高い融点を有する金属、セラミックス、または樹脂から形成される。また、反応防止膜を形成する金属、セラミックス、または樹脂は、第1の実施の形態で説明した反応防止膜と同じである。さらに、反応防止膜の厚さも、第1の実施の形態で説明した反応防止膜と同じである。
- [0250] なお、はんだ接合温度や保持時間などはんだ接合条件を制御し、拡散または合金反応を抑制して、第1はんだと第2はんだの機械的性質や物理的性質などを維持できる場合には、反応防止膜は設けなくてもよい。また、第1はんだとして、第4の実施の形態の耐酸化性はんだを用いてもよい。また、第2はんだとして、第2の実施の形態の第2はんだ粉末102を用いてもよい。
- [0251] また、第2はんだは、第1はんだ中に均一に分散される構成以外に、例えば、図5A、図5Bおよび図5Cに示すような、予め第1はんだに第2はんだを偏在させて構成させてもよい。さらに、第1はんだと第2はんだとを別個に構成し、図1A、図3Aおよび図4Aに示すように、それぞれを積層して配置後はんだ接合してもよい。
- [0252] 第5の実施の形態のはんだ材料を用いてはんだ接合することで、第1の実施の形態および第3の実施の形態で得られる双方の効果を得ることができる。つまり、接合する

2つの部材の熱膨張係数の差によるはんだ部材内の内部応力の発生が抑制され、その結果、接合部材の変形を減少させることができる。また、第2はんだが反応防止膜で覆われているため、第1はんだと第2はんだとの間において拡散または合金反応を伴わないので、第1はんだと第2はんだが合金化して、第1はんだの機械的性質や第2はんだの凝固膨張性質などの固有な特性を失うことがない。これによって、第1はんだと第2はんだのそれぞれの固有な特性を維持し、はんだ部材の性能を最大限に発揮することができる。

[0253] さらに、第1はんだに、Coを0.02〜2.0重量%含有したはんだを用いることで、SnまたはSn基合金の表面張力を低下させ、ぬれ性を向上させることができる。また、接合部材と、SnまたはSn基合金との反応を抑制し、接合界面における金属間化合物の成長を抑制することによって、熔融はんだの凝集を抑制し、ぬれ性を向上させることができる。これによって、ボイド欠陥の発生が抑制され、熱伝導性、機械的強度などに優れたはんだ接合部を得ることができる。

[0254] 次に、第5の実施の形態における具体的な実施例について説明する。

[0255] (実施例14)

平均粒径が25〜45  $\mu\text{m}$ のSn-57重量%Bi粉末の表面に、ゾル・ゲル法によって、厚さ約50nmの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 皮膜を形成し、第2はんだを製作した。続いて、この第2はんだと平均粒径が25〜45  $\mu\text{m}$ のSn-0.7重量%Cu-0.2重量%Co粉末からなる第1はんだとを、第2はんだの含有量が20体積%となるように混合し、複合はんだ材料を製作した。なお、複合はんだには、接合材の表面の酸化皮膜の除去およびスクリーン印刷、塗布などを容易するため、適量のフラックスと樹脂バインダーを添加し、クリーム状の複合はんだを調製した。

[0256] 続いて、厚さ3mm、幅100mm、長さ200mmの無酸素Cuベースの第1部材の表面に、複合はんだを厚さ約150  $\mu\text{m}$ でスクリーン印刷した。そして、スクリーン印刷された複合はんだの上に、両面が厚さ100  $\mu\text{m}$ の純Cuでラインニングされた厚さ0.3mm、幅80mm、長さ180mmのSiN基板の第2部材を設置し、積層接合部材を構成した。続いて、この積層接合部材を、 $\text{N}_2$ ガス雰囲気中において、240°Cの温度で3分間加熱し、はんだ付けを行った。

- [0257] 第1の実施の形態の実施例と同じ方法で、はんだ接合した第1部材と第2部材のはんだ付け部におけるはんだ相のせん断強度を測定評価した結果、せん断強度は36 MPaであった。また、第1の実施の形態の実施例と同じ方法でCuベースの変形量を測定した結果、第1部材のCuベースの変形量は85  $\mu$ mであった。さらに、第3の実施の形態の実施例と同じ方法で、上記した第1はんだおよび第2はんだからなる複合はんだ材料を溶融させて、表面張力( $\gamma_L$ )の測定を行った。その結果、表面張力( $\gamma_L$ )は、0.35N/mであった。
- [0258] 上記の実施例14のせん断強度およびCuベースの変形量の測定結果は、実施例1〜3におけるせん断強度およびCuベースの変形量の測定結果とほぼ同レベルの測定結果が得られた。このことから、第1はんだの機械的特性を維持できることがわかった。さらに、第2はんだの凝固膨張効果によって、第1部材のCuベースの変形を抑制できることがわかった。
- [0259] また、上記の実施例14の表面張力( $\gamma_L$ )の測定結果は、実施例7〜9における表面張力( $\gamma_L$ )の測定結果とほぼ同レベルの測定結果が得られた。このことから、ぬれ性に優れていることがわかった。
- [0260] 以上、本発明の実施の形態について、例に基づいて説明したが、本発明はこれらの実施の形態に何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲の示された技術的思想の範囲において変更可能なものである。

#### 産業上の利用可能性

- [0261] 本発明に係るはんだ部材、はんだ材料、はんだ付け方法、はんだ材料の製造方法およびはんだ接合部材は、エレクトロニクス製品の接合などに使用することが可能である。したがって、産業上の利用可能性を有する。

## 請求の範囲

- [1] 第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ部材であって、  
第1はんだ相と、  
前記第1はんだ相中に複数の領域を持つよう分散され、前記第1はんだ相より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する第2はんだ相と、  
前記第1はんだ相と前記第2はんだ相の境界に存在し、前記第1はんだ相よりも高い融点を有する境界層と  
を具備することを特徴とするはんだ部材。
- [2] 請求項1記載のはんだ部材において、  
前記第1はんだ相と、前記第1はんだ相中に存在する前記第2はんだ相との間において拡散または合金反応を伴わず、前記第1はんだ相と前記第2はんだ相のそれぞれの固有な物理的性質および機械的性質を維持して構成されたことを特徴とするはんだ部材。
- [3] 請求項1記載のはんだ部材において、  
前記低融点金属が、Sn、Bi、In、Zn、Sn合金、Bi合金、In合金、Zn合金からなる群から選ばれた1種の方法であり、前記凝固膨張の性質を有する金属が、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の方法であること特徴とするはんだ部材。
- [4] 請求項1記載のはんだ部材において、  
前記境界層が、金属、セラミックスおよび樹脂からなる群から選ばれた1種の方法で形成されていることを特徴とするはんだ部材。
- [5] 請求項1記載のはんだ部材において、  
前記第2はんだ相が、前記第1はんだ相中に均一に分散して存在または前記第1はんだ相の所定の部位に偏在することを特徴とするはんだ部材。
- [6] 第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ材料であって、  
第1はんだ材料と、

前記第1はんだ材料よりも高い融点を有する境界被膜が表面に形成され、前記第1のはんだ材料より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する第2はんだ材料とを具備することを特徴とするはんだ材料。

[7] 請求項6記載のはんだ材料において、

前記第1はんだ材料が、Sn、Bi、In、Zn、Sn合金、Bi合金、In合金、Zn合金からなる群から選ばれた1種の方法で構成され、前記第2はんだ材料が、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の方法で構成されたこと特徴とするはんだ材料。

[8] 請求項6記載のはんだ材料において、

前記境界被膜が、金属、セラミックスおよび樹脂からなる群から選ばれた1種の方法で形成されていることを特徴とするはんだ材料。

[9] 第1部材とこの第1部材とは異種特性材料からなる第2部材とを接合するはんだ付け方法であって、

表面に境界被膜が形成されるとともに、この境界被膜を形成する材料の第1の融点よりも低い第2の融点を有し、凝固膨張の性質を有する第2はんだ材料を前記第1部材の表面に配置する第2はんだ材料配置工程と、

前記第2はんだ材料の上に、前記第1の融点よりも低くかつ前記第2の融点よりも高い第3の融点を有する第1はんだ材料を配置する第1はんだ材料配置工程と、

前記第1はんだ材料の上に、前記第2部材を設置する第2部材設置工程と、

前記第2部材設置工程を経て、積層された積層部材を、大気中または不活性ガス雰囲気中において、前記第2の融点よりも高くかつ前記第1の融点よりも低い温度で加熱する加熱工程と

を具備することを特徴とするはんだ付け方法。

[10] Biを50重量%以上含有するSn基合金、Sbを6重量%以上含有するSn基合金、BiおよびSbのいずれか少なくとも一種からなる第2はんだ相の粉末の表面に反応抑制境界膜を形成する境界膜形成工程と、

前記第2はんだ相の粉末と平均直径が1〜100  $\mu$  mでSnまたはSn基合金からなる第1はんだ相の粉末とが所定の比率で均一に混合された混合物を作製する混合物

作製工程と、

前記混合物に、フラックスおよびバインダを所定の比率で混合し攪拌して、ペースト状の混合物を作製するペースト状混合物作製工程と

を具備することを特徴とするはんだ材料の製造方法。

- [11] Biを50重量%以上含有するSn基合金、Sbを6重量%以上含有するSn基合金、BiおよびSbのいずれか少なくとも一種からなる第2はんだ相の粉末の表面に反応抑制境界膜を形成する境界膜形成工程と、

前記第2はんだ相の粉末と平均直径が1〜100  $\mu\text{m}$ でSnまたはSn基合金からなる第1はんだ相とが所定の比率で均一に混合された混合物を作製する混合物作製工程と、

前記混合物を加圧および加熱して複合化する複合化工程と、

前記複合化された混合物をフィルム状またはワイヤ状に成形する成形工程と

を具備することを特徴とするはんだ材料の製造方法。

- [12] Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金からなることを特徴とするはんだ材料。

- [13] Coを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とするはんだ材料。

- [14] Cu、Ag、Au、CoおよびNiから選ばれた少なくとも一種の金属からなる第1従成分を0.02〜12重量%含有し、かつMn、PdおよびPtから選ばれた少なくとも一種の金属からなる第2従成分を0.02〜1.2重量%含有し、残部がSnと不可避不純物からなることを特徴とするはんだ材料。

- [15] Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなる第1はんだと、

SnまたはPbを含まないSn基合金からなる第2はんだと

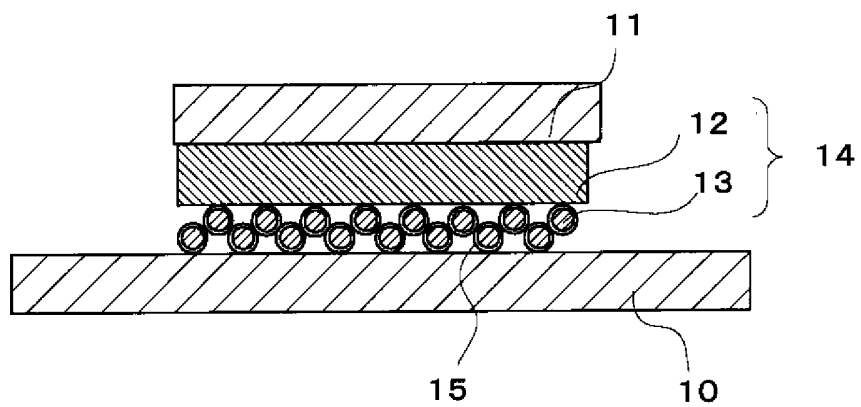
を具備することを特徴とするはんだ材料。

- [16] Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純

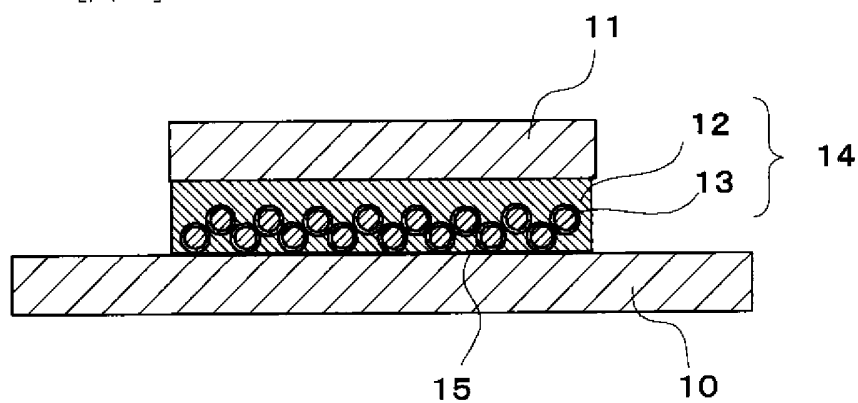
物からなるはんだ材料を用いて、第1部材と第2部材とを接合して構成したことを特徴とするはんだ接合部材。

- [17] 第1部材と第2部材とを接合するはんだ部材であって、  
Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金からなる第1はんだ相と、  
前記第1はんだ相中に複数の領域を持つよう分散され、前記第1はんだ相より低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の材料からなる第2はんだ相と  
を具備することを特徴とするはんだ部材。
- [18] Coを0.02〜2.0重量%含有する、SnまたはPbを含まないSn基合金、またはCoを0.02〜2.0重量%、Cuを0.02〜7.5重量%を含有し、残部がSnと不可避不純物からなる第1はんだと、  
前記第1はんだより低い融点を有し、かつ凝固膨張の性質を有する、Bi、Sb、Ga、Ge、Bi合金、Sb合金、Ga合金、Ge合金からなる群から選ばれた1種の材料からなる第2はんだと  
を具備することを特徴とするはんだ材料。

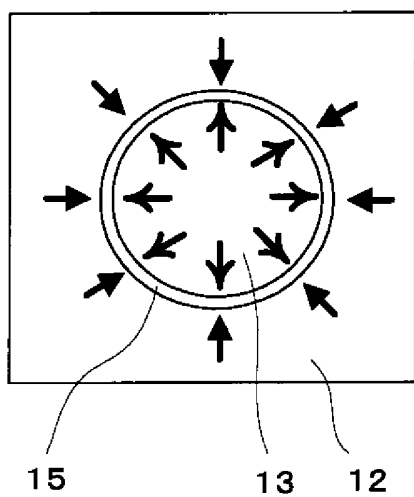
[図1A]



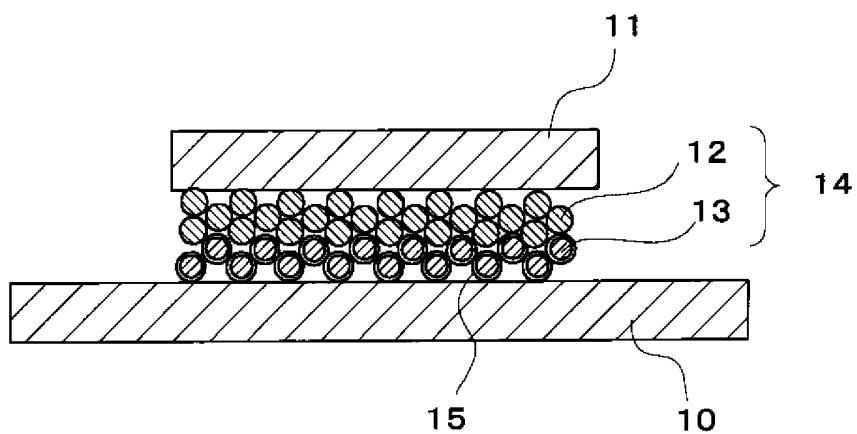
[図1B]



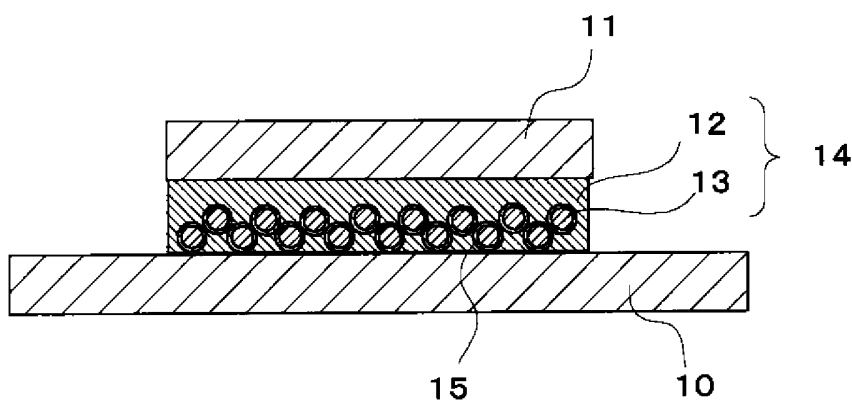
[図2]



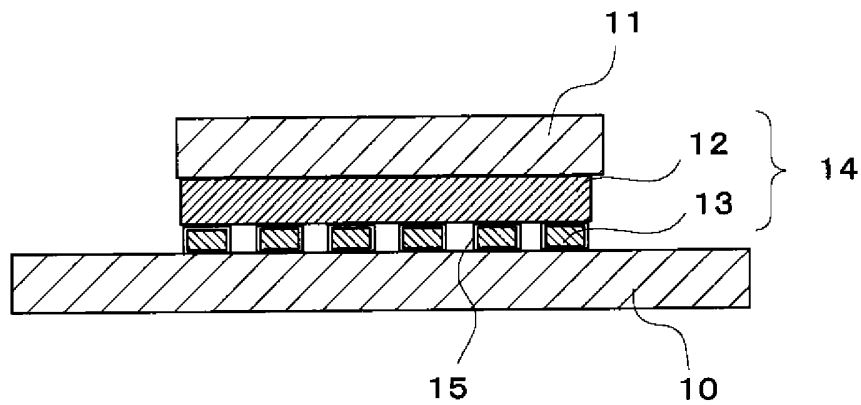
[図3A]



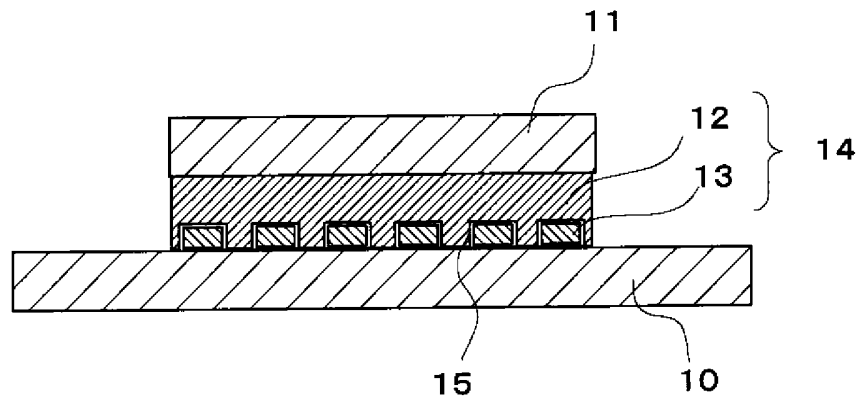
[図3B]



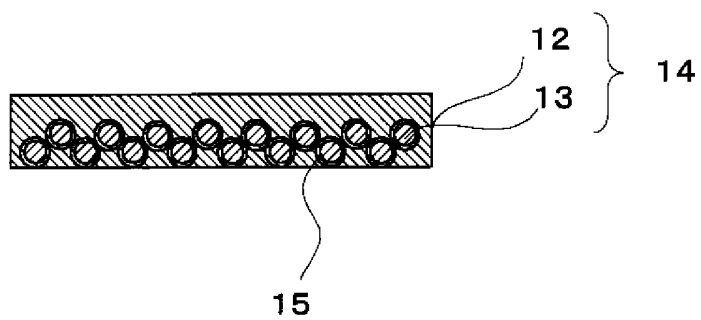
[図4A]



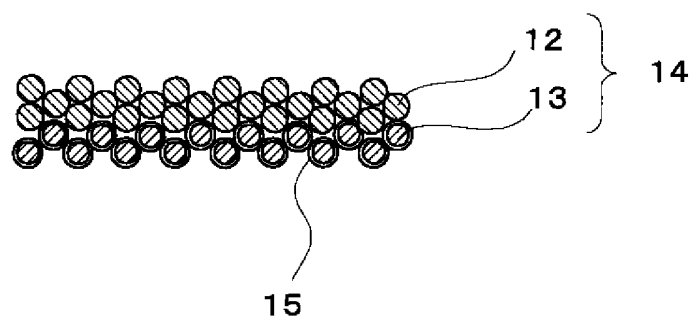
[図4B]



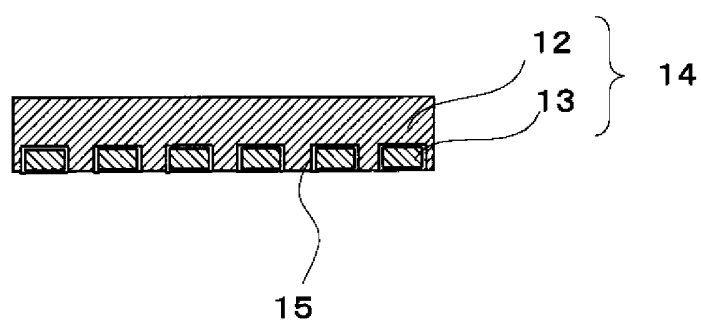
[図5A]



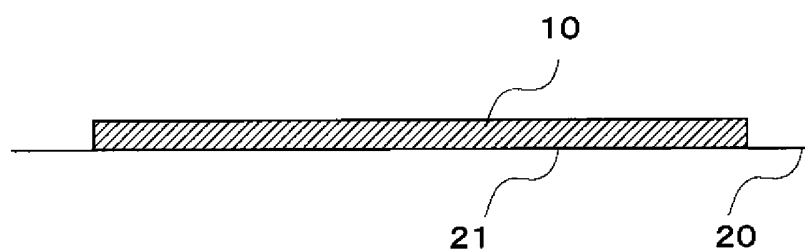
[図5B]



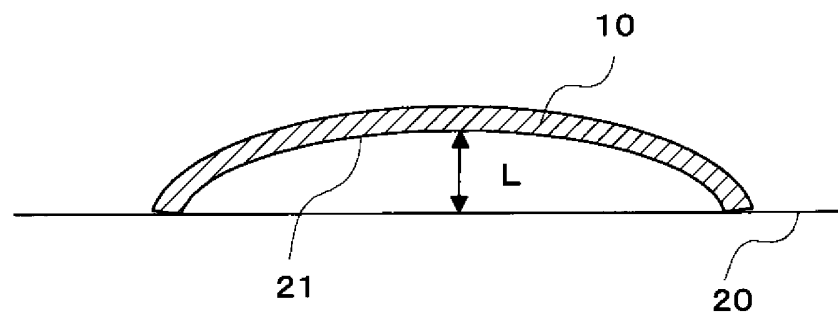
[図5C]



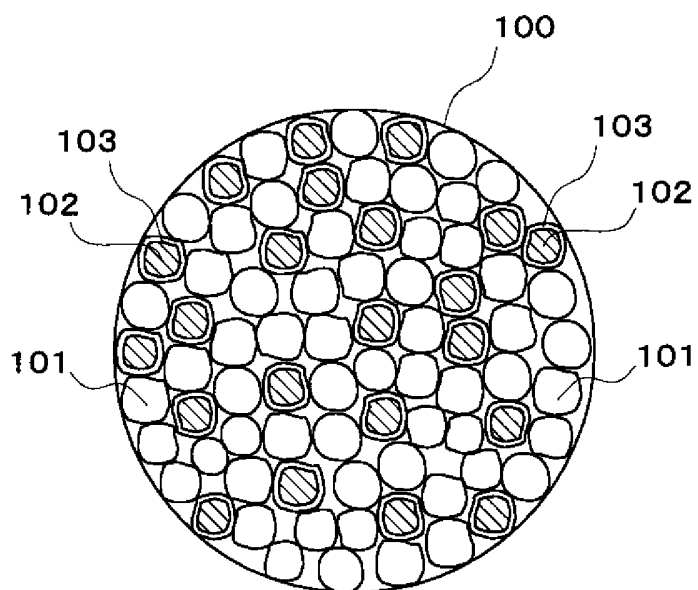
[図6A]



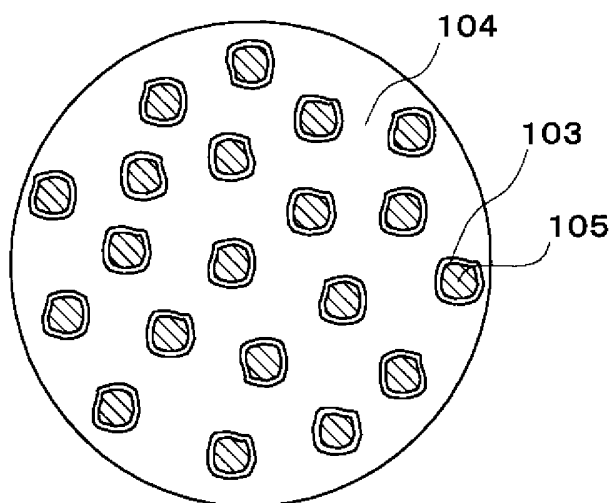
[図6B]



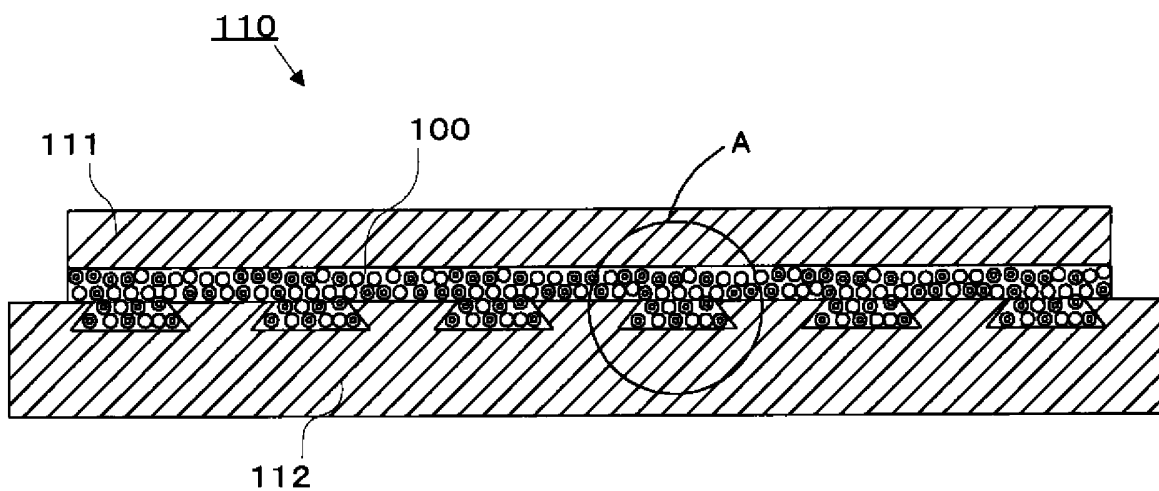
[図7]



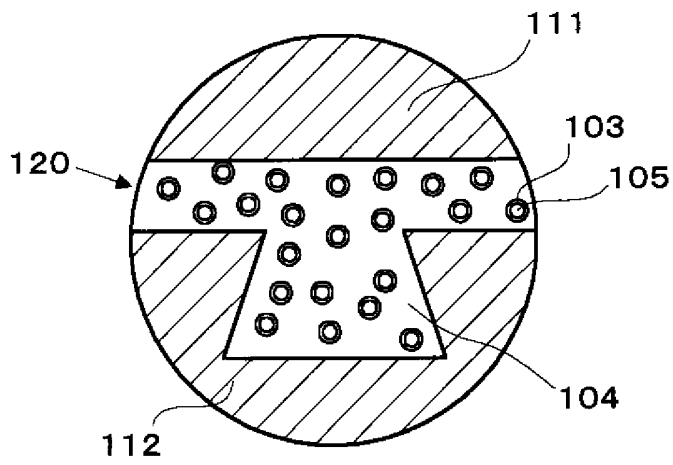
[図8]



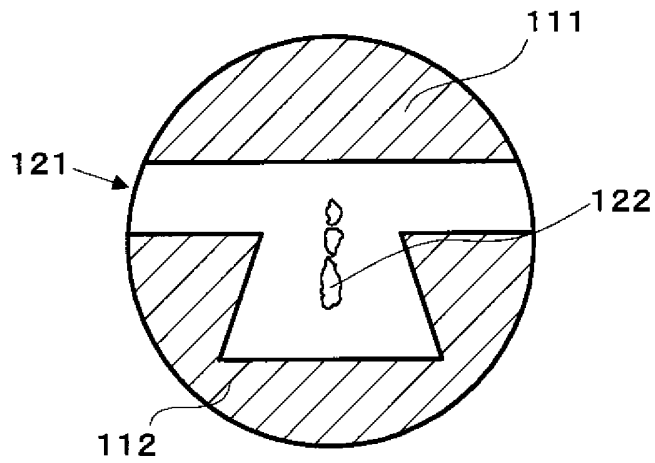
[図9]



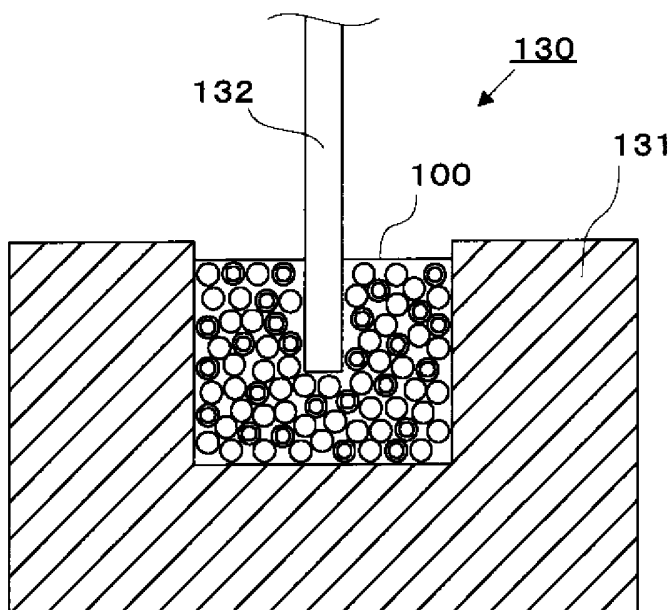
[図10]



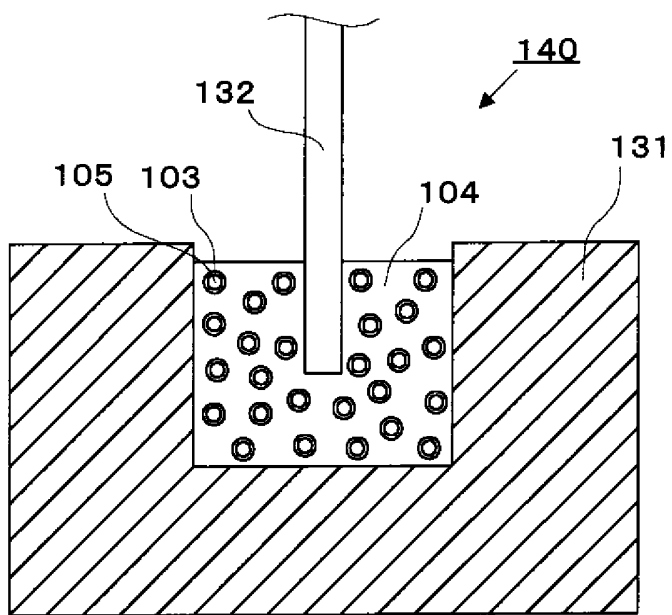
[図11]



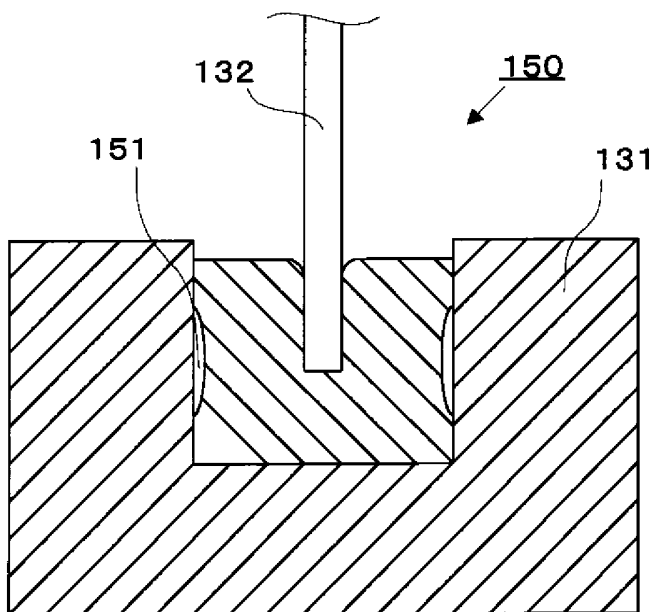
[図12]



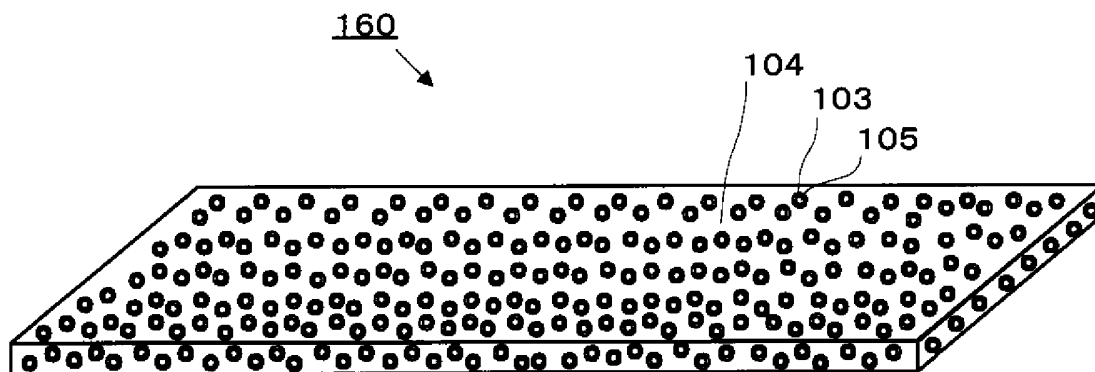
[図13]



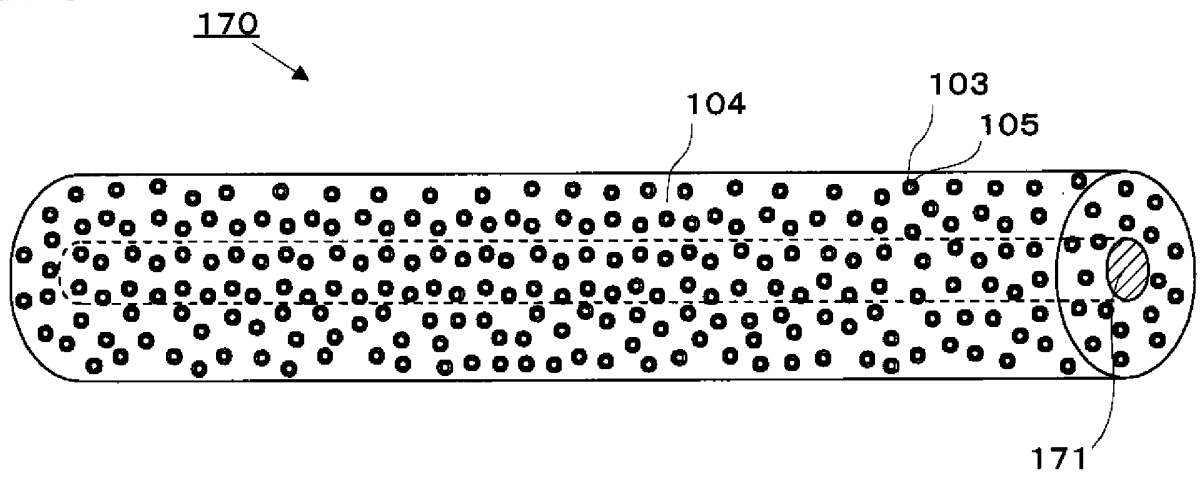
[図14]



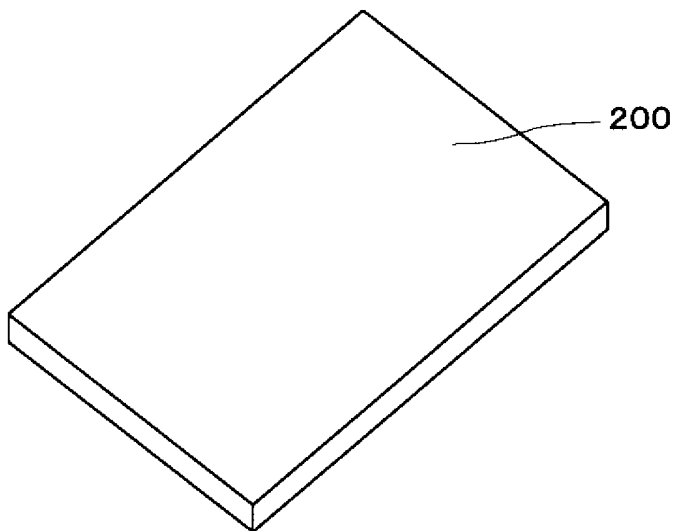
[図15]



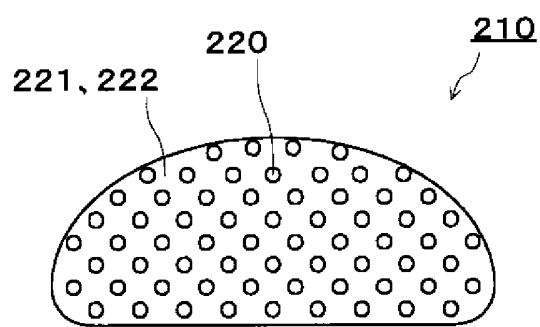
[図16]



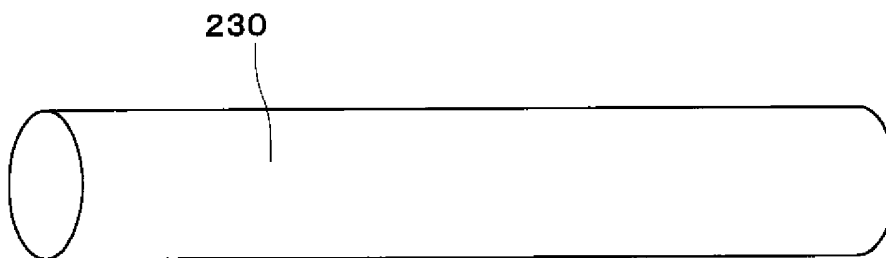
[図17]



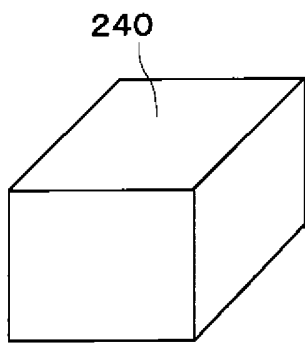
[図18]



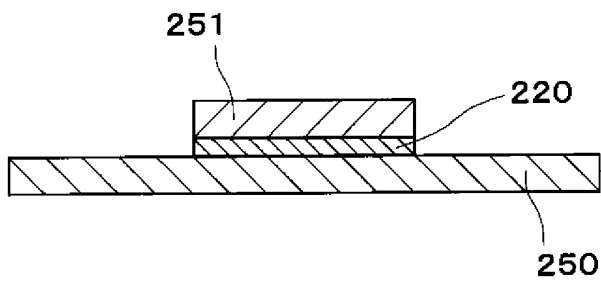
[図19]



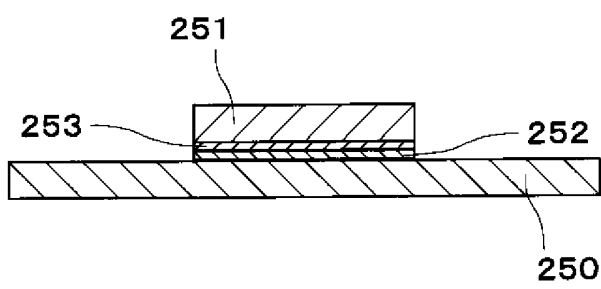
[図20]



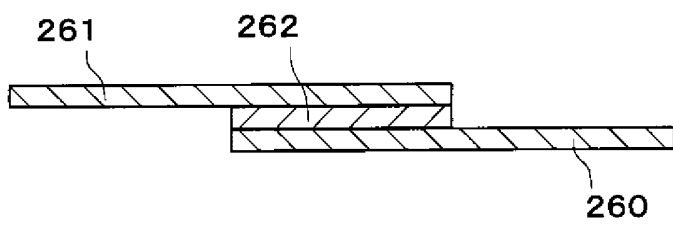
[図21]



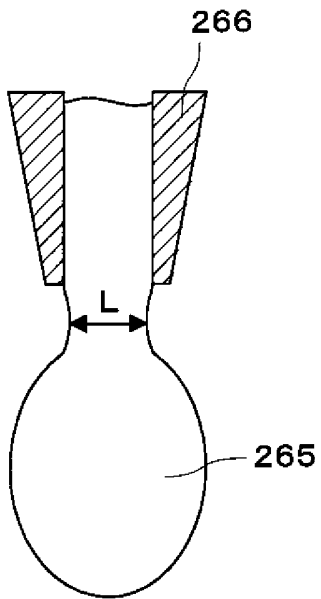
[図22]



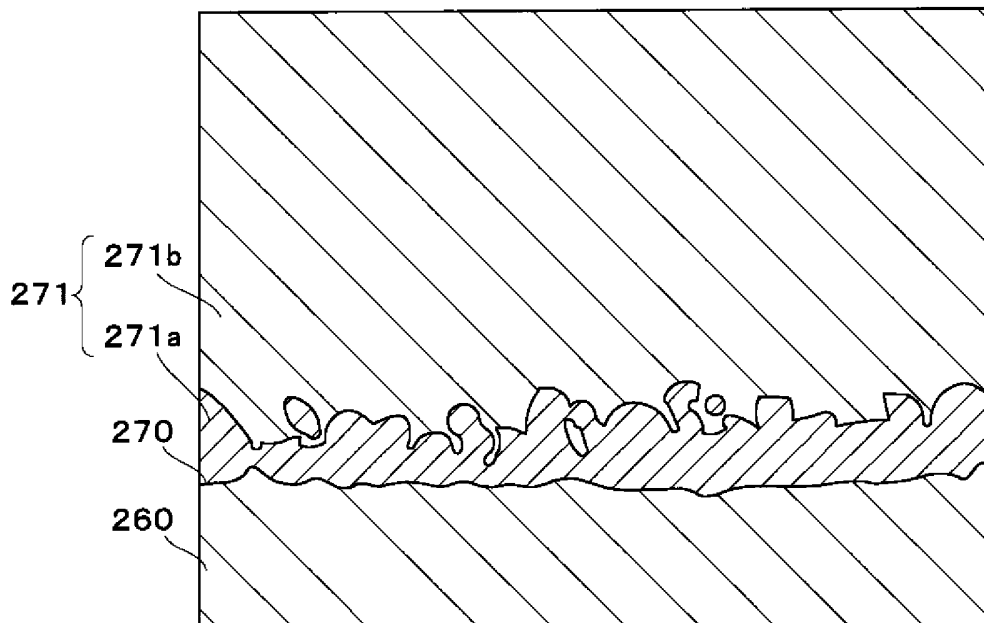
[図23]



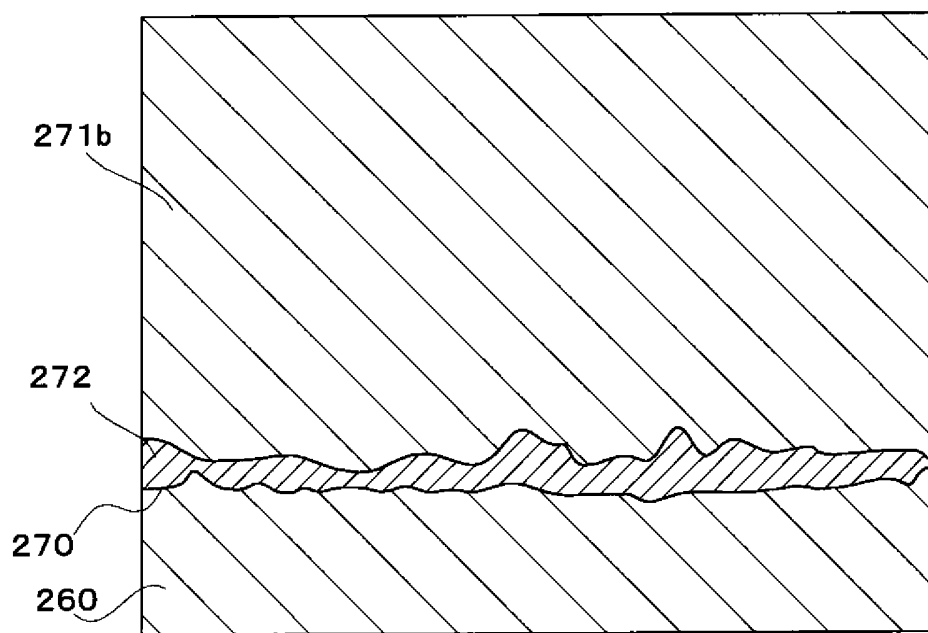
[図24]



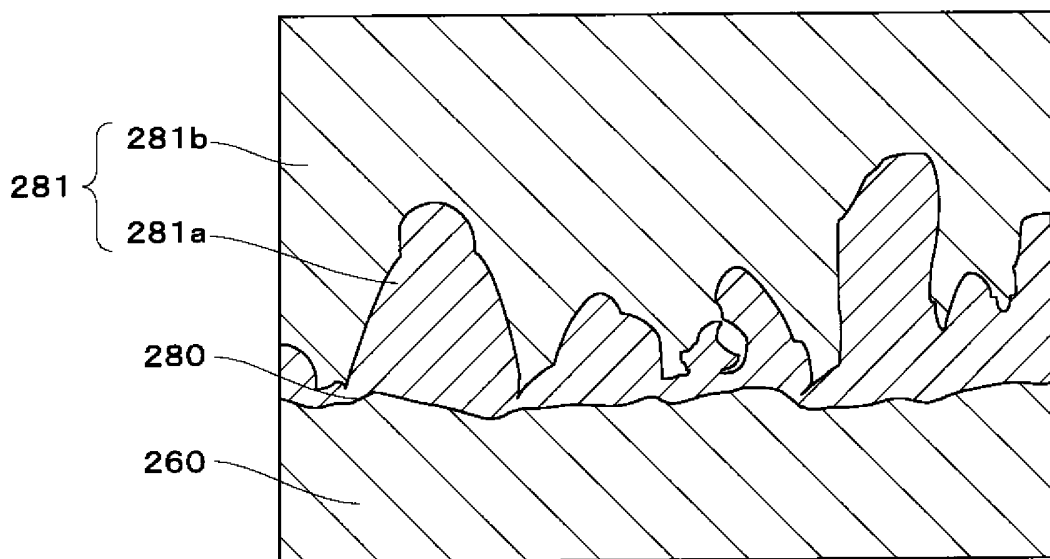
[図25A]



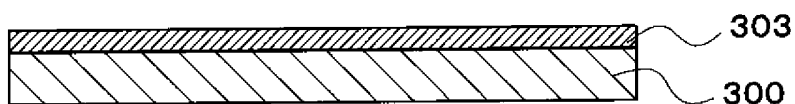
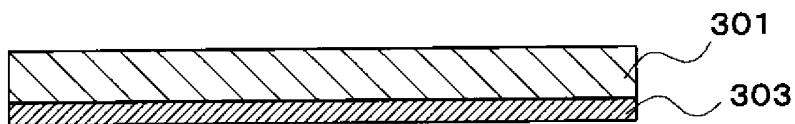
[図25B]



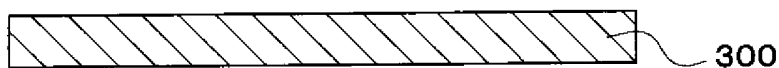
[図26]



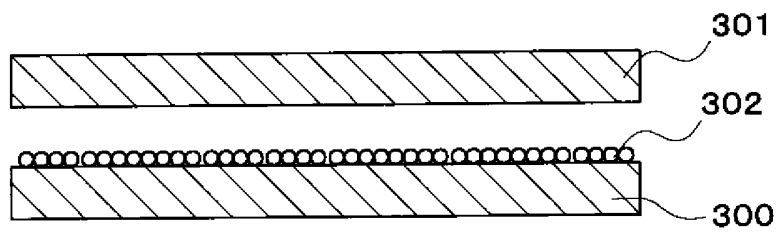
[図27A]



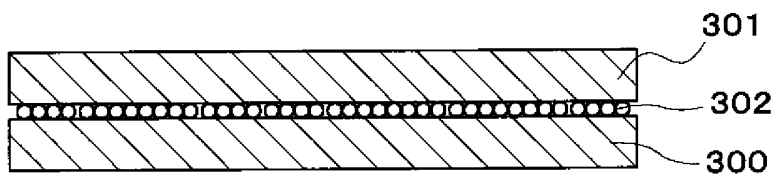
[図27B]



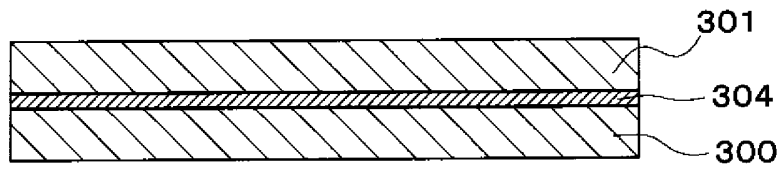
[図27C]



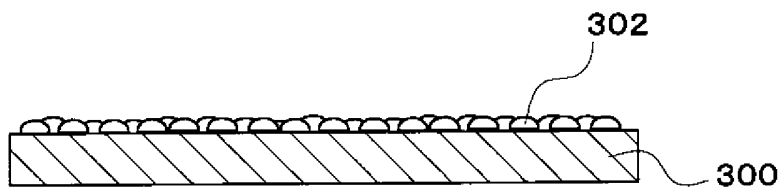
[図27D]



[図27E]



[図28]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008888

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> B23K35/22

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)  
Int.Cl.<sup>7</sup> B23K35/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

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	JP 57-190766 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 24 November, 1982 (24.11.82), (Family: none)	1-11, 15-18
X	JP 2003-1482 A (Kabushiki Kaisha Tokyo Daiichi Shoko), 08 January, 2003 (08.01.03), (Family: none)	12, 13
X	JP 2003-94195 A (Senju Metal Industry Co., Ltd.), 02 April, 2003 (02.04.03), (Family: none)	14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
16 September, 2004 (16.09.04)

Date of mailing of the international search report  
28 September, 2004 (28.09.04)

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<sup>7</sup> B23K 35/22

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<sup>7</sup> B23K 35/22

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 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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 請求の範囲の番号
A	JP 57-190766 A (旭硝子株式会社) 1982. 11. 24 (ファミリーなし)	1-11, 15-18
X	JP 2003-1482 A (株式会社 東京第一商興) 2003. 01. 08 (ファミリーなし)	12, 13
X	JP 2003-94195 A (千住金属工業株式会社) 2003. 04. 02 (ファミリーなし)	14

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  
 「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  
 「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 16. 09. 2004  
 国際調査報告の発送日 28. 9. 2004

国際調査機関の名称及びびあて先  
 日本国特許庁 (ISA/JP)  
 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)  
 鈴木正紀  
 4K 8520  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3475