

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-511482  
(P2018-511482A)

(43) 公表日 平成30年4月26日(2018.4.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)	
<b>B23K 35/22</b> (2006.01)	B 23 K 35/22	310A	
<b>B23K 35/26</b> (2006.01)	B 23 K 35/26	310C	
<b>C22C 12/00</b> (2006.01)	C 22 C 12/00		
<b>C22C 13/00</b> (2006.01)	B 23 K 35/26 C 22 C 13/00	310A 310C	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2017-547978 (P2017-547978)	(71) 出願人	512285214 インディウム コーポレーション アメリカ合衆国 ニューヨーク州 133 23, クリントン, ロビンソン ロード 34
(86) (22) 出願日	平成28年3月8日 (2016.3.8)	(74) 代理人	110000659 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
(85) 翻訳文提出日	平成29年11月1日 (2017.11.1)	(72) 発明者	ザン, ホンウェン アメリカ合衆国 ニューヨーク州 134 13, ニュー ハートフォード, チャプマン ロード 9486
(86) 國際出願番号	PCT/US2016/021343	(72) 発明者	リー, ニン-チェン アメリカ合衆国 ニューヨーク州 134 13, ニュー ハートフォード, ジュビリー レーン 108
(87) 國際公開番号	W02016/144945		
(87) 國際公開日	平成28年9月15日 (2016.9.15)		
(31) 優先権主張番号	14/643,868		
(32) 優先日	平成27年3月10日 (2015.3.10)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】混成合金ソルダペースト

## (57) 【要約】

ソルダペーストは、44重量%と60重量%未満との間の第1ソルダ合金粉末の量と、0重量%を超える48重量%までの第2ソルダ合金粉末の量と、フラックスとからなり、第1ソルダ合金粉末は、260を超える固相線温度を有した第1ソルダ合金を含んでおり、第2ソルダ合金粉末は、250未満の固相線温度を有した第2ソルダ合金を含んでなるものである。別な態様では、ソルダペーストは、44重量%と87重量%の間の第1ソルダ合金粉末の量と、13重量%と48重量%の間の第2ソルダ合金粉末の量と、フラックスとからなる。

【選択図】なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ソルダペースト（はんだペースト）であって、  
 44重量%から60重量%未満の第1ソルダ合金粉末の量と、  
 0重量%を超え、48重量%までの第2ソルダ合金粉末の量と、  
 フラックスとからなり、  
 前記第1ソルダ合金粉末は、260を超える固相線温度を有した第1ソルダ合金を含ん  
 でおり、

前記第2ソルダ合金粉末は、250未満の固相線温度を有した第2ソルダ合金を含ん  
 でいる、ソルダペースト。 10

## 【請求項 2】

前記第2ソルダ合金は230と250の間の固相線温度を有している請求項1記載  
 のソルダペースト。 10

## 【請求項 3】

前記第2ソルダ合金は、Sn合金、Sn-Sb合金、またはSn-Sb-X合金（Xは  
 Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtまたはZn）を含んで  
 いる請求項2記載のソルダペースト。 10

## 【請求項 4】

前記第2ソルダ合金は200と230の間の固相線温度を有している請求項1記載  
 のソルダペースト。 20

## 【請求項 5】

前記第2ソルダ合金は、Sn-Ag合金、Sn-Cu合金、Sn-Ag-X合金（Xは  
 Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、または  
 Sn-Zn合金を含んでいる請求項4記載のソルダペースト。 20

## 【請求項 6】

前記第2ソルダ合金は200未満の固相線温度を有している請求項1記載のソルダペ  
 ースト。 20

## 【請求項 7】

前記第2ソルダ合金は、Sn-Bi合金、Sn-In合金、Bi-In合金、Sn-Bi-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、Sn-In-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、またはBi-In-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）を含んでいる請求項6記載のソルダペースト。 30

## 【請求項 8】

前記第2ソルダ合金粉末の量は2重量%と40重量%の間である請求項1記載のソルダ  
 ペースト。 30

## 【請求項 9】

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超え40重量%までのSbと、0重量%を超え40  
 重量%までのSnと、BiとからなるBi-Sb-Sn合金である請求項1記載のソルダ  
 ペースト。 40

## 【請求項 10】

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超え40重量%までのSb、0重量%を超え40重  
 量%までのSn、0重量%を超え5重量%までのX、およびBiからなるBi-Sb-S  
 n-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Ptまたは  
 Zn）である請求項1記載のソルダペースト。 40

## 【請求項 11】

前記第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Cu合金またはBi-Ag-Cu合金  
 を含んでいる請求項1記載のソルダペースト。 50

## 【請求項 12】

前記第1ソルダ合金は、Bi - Ag - Y合金、Bi - Cu - Y合金またはBi - Ag - Cu - Y合金を含んでおり、ここでYは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZnであり、Yは0重量%を超える、5重量%までの範囲である請求項1記載のソルダペースト。

【請求項13】

前記第1ソルダ合金は、  
0重量%を超える20重量%までのAgで残り部分はBiを含むか、  
0重量%を超える5重量%までのCuで残り部分はBiを含むか、あるいは、  
0重量%を超える20重量%までのAgおよび0重量%を超える5重量%までのCuで残り部分はBiを含んでいる、請求項1記載のソルダペースト。  
10

【請求項14】

前記第1ソルダ合金は、  
2.6重量%から15重量%のAgで残り部分はBiを含むか、  
0.2重量%から1.5重量%のCuで残り部分はBiを含むか、あるいは、  
2.6重量%から15重量%のAgおよび0.2重量%から1.5重量%のCuで残り部分はBiを含んでいる、請求項1記載のソルダペースト。  
20

【請求項15】

ソルダペースト(はんだペースト)であって、  
44重量%と87重量%の間の第1ソルダ合金粉末の量と、  
13重量%と48重量%の間の第2ソルダ合金粉末の量と、  
フラックスとからなり、  
前記第1ソルダ合金粉末は、260を超える固相線温度を有した第1ソルダ合金を含んでおり、  
前記第2ソルダ合金粉末は、250未満の固相線温度を有した第2ソルダ合金を含んでいるソルダペースト。  
20

【請求項16】

前記第2ソルダ合金は230と250の間の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

【請求項17】

前記第2ソルダ合金は、Sn合金、Sn - Sb合金、またはSn - Sb - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtまたはZn)を含んでいる請求項16記載のソルダペースト。  
30

【請求項18】

前記第2ソルダ合金は200と230の間の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

【請求項19】

前記第2ソルダ合金は、Sn - Ag合金、Sn - Cu合金、Sn - Ag - X合金(Xは、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)合金、またはSn - Zn合金を含んでいる請求項18記載のソルダペースト。  
40

【請求項20】

前記第2ソルダ合金は200未満の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

【請求項21】

前記第2ソルダ合金は、Sn - Bi合金、Sn - In合金、Bi - In合金、Sn - Bi - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、Sn - In - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、またはBi - In - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)を含んでいる請求項20記載のソルダペースト。  
50

**【請求項 2 2】**

前記第2ソルダ合金粉末の量は26重量%と40重量%の間である請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 2 3】**

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超える40重量%までのSbと、0重量%を超える40重量%までのSnと、BiとからなるBi-Sb-Sn合金である請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 2 4】**

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超える40重量%までのSb、0重量%を超える40重量%までのSn、0重量%を超える5重量%までのX、およびBiからなるBi-Sb-Sn-X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtまたはZn)である項15記載のソルダペースト。

10

**【請求項 2 5】**

前記第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Cu合金またはBi-Ag-Cu合金を含んでいる請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 2 6】**

前記第1ソルダ合金は、Bi-Ag-Y合金、Bi-Cu-Y合金またはBi-Ag-Cu-Y合金を含んでおり、ここでYは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZnであり、Yは0重量%を超える、5重量%までの範囲である請求項15記載のソルダペースト。

20

**【請求項 2 7】**

前記第1ソルダ合金は、  
0重量%を超える20重量%までのAgで残り部分はBiを含むか、  
0重量%を超える5重量%までのCuで残り部分はBiを含むか、あるいは、  
0重量%を超える20重量%までのAgおよび0重量%を超える5重量%までのCuで残り部分はBiを含んでいる、請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 2 8】**

前記第1ソルダ合金は、  
2.6重量%から15重量%のAgで残り部分はBiを含むか、  
0.2重量%から1.5重量%のCuで残り部分はBiを含むか、あるいは、  
2.6重量%から15重量%のAgおよび0.2重量%から1.5重量%のCuで残り部分はBiを含んでいる請求項15記載のソルダペースト。

30

**【請求項 2 9】**

前記第1ソルダ合金の固相線温度は320未満である請求項1記載のソルダペースト。  
。

**【請求項 3 0】**

前記第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Cu合金、Bi-Ag-Cu合金、またはBi-Ag-Cu-Y合金であり、ここでYは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZnからなり、

前記第2ソルダ合金は、Bi-Sn合金、Bi-In合金、Bi-Sb-Sn合金、Sn-Bi-X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、

Sn-In-X合金(Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、

Bi-In-X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、または、

Bi-Sb-Sn-X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtもしくはZn)である、請求項1記載のソルダペースト。

40

**【請求項 3 1】**

前記第1ソルダ合金の固相線温度は320未満である請求項15記載のソルダペース

50

ト。

【請求項 3 2】

前記第1ソルダ合金は、Bi - Ag合金、Bi - Cu合金、Bi - Ag - Cu合金、またはBi - Ag - Cu - Y合金(Yは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZn)であり、

前記第2ソルダ合金は、Bi - Sn合金、Bi - In合金、Bi - Sb - Sn合金、Sn - Bi - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、

Sn - In - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、

Bi - In - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn)、または、

Bi - Sb - Sn - X合金(Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtもしくはZn)である、請求項15記載のソルダペースト。  
10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に混成合金ソルダ(はんだ)ペーストの組成に関し、特に、一部の実施態様では、高温ソルダ結合部形成における適用のためのソルダペースト内のそれぞれの合金成分の組成に関する。

20

【背景技術】

【0002】

[関連技術の説明]

電子組立部品の廃棄により発生する鉛は、環境および人の健康に害を及ぼすと考えられている。法律はますます電子相互結合産業および電子パッケージ産業でのPb(鉛)含有ソルダの使用を禁止してきている。従来の共晶Pb - Snに代わるPb無含有ソルダが幅広く研究されてきた。SnAg、SnCu、SnAgCuおよびSnZnソルダが半導体産業および電子機器産業における相互結合のための主流ソルダになってきている。しかし、従来の高鉛含有ソルダ、すなわち、Pb - 5SnやPb - 5Sn - 2.5Agの代用としての高温Pb無含有ソルダの開発は未だその初期段階にある。高温ソルダは、組立部品がプリントワイヤボード(プリント配線板；PWB)上に“はんだ付け”されているとき、その組立部品内の構成要素内で内部結合状態を保持するために活用される。  
30

【0003】

高温ソルダの一般的な利用は、ダイ結合のためである。1つの例示的プロセスにおいては、組立部品は高温ソルダを使用してシリコンダイを鉛フレーム上にはんだ付けすることで形成される。その後、封入状態あるいは非封入状態であるシリコンダイ/鉛フレーム組立部品は、はんだ付けによるか、または機械的な固定によってPWBに取り付けられる。そのボード(PWB)は、ボード上にその他の電子デバイスを表装(表面搭載)するため、さらに2~3のリフロー(再流し込み)プロセスに曝露することもできる。更なるはんだ付けプロセス中に、シリコンダイと鉛フレームとの間の内部結合は良好に維持されなければならない。これには高温ソルダが機能不全を一切発生させずに複数のリフローに抵抗することを要件とする。従って当該産業で使用されるソルダリフロー・プロフィール(はんだ再流し込み特性)と両立させるためには、高温ソルダのための主要な必要条件には、(i) 260程度以上の溶解温度(融点)(典型的なソルダリフロー・プロフィールに従う)、(ii) 良好的な熱疲労抵抗、(iii) 高い熱伝導性/電気伝導性、および(iv) 低コストが含まれる。  
40

【0004】

現在、産業界において利用可能なドロップイン(落し込み式)無鉛代用品は存在しない。しかしながら、近年、高温ダイ結合利用のために2~3の無鉛ソルダ候補、例えば、(1)Sn - Sb、(2)Zn主成分合金、(3)Au - Sn / Si / Geおよび(4)B

50

i - Ag のごときが提案されている。

【0005】

10重量%未満のSbを含んだSn-Sb合金は大量の金属間化合物を形成することなく良好な物理特性を維持する。しかし、その固相線温度は250 を超えないため、リフロー抵抗のための260 の必要性を満たすことができない。

【0006】

共晶Zn-Al、Zn-Al-MgおよびZn-Al-Cuを含んだZn主成分合金は融点が330 を超える。しかしながら、酸素に対するZn、AlおよびMgの高親和性により、様々な金属被覆表面仕上げ面に極端に乏しいウェッティング（湿潤化、濡れ性）が提供される。高温無鉛代替ソルダの1つとして提案されているZn-(20~40重量%)Snソルダ合金は300 を超える液相線温度を有するが、その固相線温度はたった200 程度である。260 ほどのZn-Snソルダの半固体状態が、続クリフロー中に成分間で良好な相互結合を維持すると考えられている。しかし、半固体ソルダが封入パッケージ内で圧縮され、その半固体ソルダを強制的に流出させるときに問題が発生する。これで予期せぬ機能不全のリスクが発生する。Zn主成分ソルダ合金は金属被覆表面とソルダとの間で大型IMC層も形成する。IMC層の存在と、続クリフローと運用の最中のその急成長は信頼性に関わる諸問題も引き起こす。

【0007】

2種の金属間化合物で成る共晶Au-Snは、その融点280 、良好な物理特性、高電気伝導性および高熱伝導性、並びに優れた腐食抵抗性によって、実験的に信頼性が高い高温ソルダであることが示された。しかしながら、極端な高コストによって、その利用は信頼性の重要度に関する考慮がコストに勝る分野に制限されている。

【0008】

固相線温度262 のBi-Ag合金は高温ダイ結合ソルダのための融点条件を満たしている。しかし、幾つかの重要な問題点が存在する：（1）様々な表面仕上げ面に対して乏しいウェッティング、および（2）乏しいウェッティングに起因する関連した弱い接合インターフェース（接触面）。

【0009】

高融点無鉛ソルダのための融点条件はSn-SbソルダおよびZn-Snソルダを不適格にする。Au多量含有ソルダの極端な高コストは、産業界による受け入れを制限している。Zn-AlおよびBi-Agは融点条件を満たしており、受け入れ可能に低コストである。しかし、酸素（Zn-Alソルダ系内にある）に対する高親和性のため、あるいは（Bi-Agソルダ系内、またはPb-CuおよびPb-Ag系のごとき鉛含有ソルダ内であっても）ソルダと基材金属被覆との間の乏しい反応化学特性のためのウェッティング特性に起因する弱い結合力のために、それらの乏しいウェッティングはこれら高融点ソルダを産業界において使用困難にしている（乏しいウェッティングによる弱い結合力のため）。しかし、それでもBiAgとZnAlの望ましい高融点はそれらに高温無鉛ソルダの候補としての資格を与える。

【0010】

上述したように、ソルダの乏しいウェッティングは、（1）乏しい反応化学特性、または（2）ソルダの酸化、に起因する。弱い結合力は常に乏しいウェッティングに関係する。例えば、異なる金属被覆表面上に対するBi主成分ソルダの乏しいウェッティングは、主としてBiと基材材料（すなわちCu）との間の乏しい反応化学特性に起因し、あるいはリフロー中のBiの酸化に起因する。溶融時に合金表面上での金属浮遊の過剰形成を防止する目的でGeドープされたBiAgが開発されている。しかし、このドーピングはBiと基材の金属被覆表面仕上げ面との間の反応化学特性を変化させないであろう。BiとCuはIMCをBi/Cuインターフェース（界面）には形成しないであろう。このことは、乏しいウェッティングと弱い結合インターフェースの主たる理由である。BiとNiはBi/NiインターフェースにIMC層を形成するであろうが、Bi3Niとソルダマトリックスの間のインターフェース、あるいはBiNiとNi基材の間のインターフェー

10

20

30

40

50

スに沿って亀裂が絶えず拡大するため、脆いIMC (Bi3NiまたはBiNi)は結合強度を弱める。従って、Biと基材材料の間の反応化学特性は乏しいウェッティングと弱い結合力をもたらす。

#### 【0011】

ソルダ内で追加の元素を合金化することによってソルダ合金と金属被覆表面仕上げ面との間の反応化学特性を修正する試みが為されてきた。しかし、合金化には通常において幾らかの予期せぬ特性喪失が関与する。例えば、SnはBiと較べて良好な反応化学特性を有する。しかし、BiAg (Agは熱/電気伝導性を増加させる目的)内にSnを直接的に合金化すると、(1)融点の大幅な低下、または、(2)合金内にAg3SnのIMCの形成、を促す可能性がある。リフロー中にそれらを溶融ソルダ内に溶解させる十分な時間がなければ、これはSnと基材金属との間の反応化学特性を改善させないであろう。よって、元素をソルダ内に直接的に合金化させること、例えば、Snを直接的にBi-Ag合金内に合金化させても最小程度の改善しか示さない。

10

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0012】

#### 【特許文献1】(特になし)

#### 【発明の概要】

#### 【0013】

20

#### [発明の実施態様の手短な概要]

本発明は混成合金ソルダペーストを設計して準備するための新規な技術を提供しており、構成成分の合金粉末からの組み合わされた利点を提供する。実施態様によつては、そのような混成合金ソルダペーストはダイ結合のごとき高温ソルダ利用に適している。なぜなら、構成成分は、第2合金による改善された反応化学、良好に制御されたIMC層厚および増強された信頼性と、第1合金による高温溶解温度および良好な熱/電気伝導性を含んだ望ましい利点を提供するからである。本発明はまた、混成合金ソルダペーストの準備方法と、電子部品または機械部品を混成合金ソルダペーストで結合させる方法も提供する。

#### 【0014】

本発明の技術は、比較的に低温における、あるいは第1合金ソルダ粉末の溶解に伴う反応化学特性を改善するための追加の粉末がペースト内に存在する混成合金粉末ペーストを設計する方法を提供する。実施態様によつては、混成合金粉末ペーストは複数種の合金粉末およびフランクス (flux)を含む。ペースト内の合金粉末は大部分を占める1種のソルダ合金粉末と、追加的な少量の合金粉末とで成る。追加物は、基材の様々な金属被覆表面仕上げ面上に、具体的には通常に使用されるCuとNiの表面仕上げ面、等々をウェッティングする優れた化学特性を提供する。

30

#### 【0015】

実施態様によつては、追加物は大部分のソルダの溶解に先立つて、あるいはそれと共に溶解するであろう。溶融追加物は、部分的に溶融する、あるいは完全に溶融する第1合金に先立つて、あるいはそれと共に基材上をウェッティングし、基材上に接着するであろう。その追加物は、基材金属皮膜表面仕上げ面に沿つてIMCの形成を支配し、リフローブロセス中にIMCに完全に変換されるように設計されている。よつて、IMC形成において追加物が果たす支配的役割のためにIMC層の厚みは、ペースト内の追加物の量によって良好に管理されるであろう。実施態様によつては、第1合金ソルダは追加物と基材との間に形成されるIMC層に対する強力な親和性を有するであろう。この強力な親和性はソルダ本体とIMCと間の結合強度を増強するであろう。よつて、所望の反応化学特性と、IMC層の良好に管理された厚みは、ウェッティング性能を改善させるだけでなく、ウェッティング性能に関連する結合強度も増強する。

40

#### 【0016】

本発明の他の特徴と様相は、例示として本発明の実施形態に従う特徴を図示する添付図面と組み合わせて以下の詳細な説明を読めば明らかになるであろう。発明の概要は本発明

50

の範囲を限定することは意図しておらず、その範囲は請求の範囲によってのみ定義されている。

【0017】

1以上の様々な実施形態に従う本発明は、以下の図面を参考に付して詳細に説明されている。図面は説明のためだけに提供されており、本発明の典型的または例示的な実施形態を単に説明するだけものである。これらの図面は、読者の理解を促進する目的で提供されており、本発明の広がり、範囲および適用性を制限するものと受け取られるべきではない。説明の明瞭性と容易化のため、これら図面は必ずしも寸法通りには作成されていない。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に従って実施されるリフローソルダプロセスを図示する。

【図2】図2は、Cuクーポン(切取り試片)とAlloy42クーポン上の90重量%Bi10.02Ag3.74Sn+10重量%フラックスからなる例示的ソルダペーストのウェッティング性能を示す。

【図3】図3は、CuクーポンとAlloy42クーポン上の84重量%Bi11Ag+6重量%Bi42Sn+10重量%フラックスからなる例示的混成合金粉末ソルダペーストのウェッティング性能を示す。

【図4】図4は、CuクーポンとAlloy42クーポン上の84重量%Bi11Ag+6重量%Bi52In48Sn+10重量%フラックスからなる例示的混成合金粉末ソルダペーストのウェッティング性能を示す。

【図5】図5は、84重量%Bi11Ag+6重量%Sn15Sb+10重量%フラックスからなる混成合金粉末ソルダペーストのDSCチャートである。

【図6】図6は、84重量%Bi11Ag+6重量%Sn3.5Ag+10重量%フラックスからなる混成合金粉末ソルダペーストのDSCチャートである。

【図7】図7は、84重量%Bi11Ag+6重量%Bi42Sn+10重量%フラックスからなる混成合金粉末ソルダペーストのDSCチャートである。

【図8a】図8aと図8bは、CuクーポンとNiクーポン上の混成合金粉末ソルダペースト製の結合部の断面画像である。この混成合金粉末ソルダペーストは84重量%Bi11Ag+6重量%Sn3.5Ag+10重量%フラックスからなる。

【図8b】図8aと図8bは、CuクーポンとNiクーポン上の混成合金粉末ソルダペースト製の結合部の断面画像である。この混成合金粉末ソルダペーストは84重量%Bi11Ag+6重量%Sn3.5Ag+10重量%フラックスからなる。

【0019】

これら図面は、本発明をそれらのみに限定すること、あるいは開示された通りの形態に制限することを意図するものではない。本発明は、改良および変更を加えて実施することが可能であり、本発明は「請求の範囲」およびその均等物によってのみ限定されることは理解されるべきである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

[発明の実施形態の詳細な説明]

本発明は、フラックス内に異なるソルダ合金の混合物を含んだソルダペーストに関する。複数のソルダ合金または金属がフラックス材料内に取り込まれる。第1ソルダ合金または金属(“第1合金”)はリフロー時にソルダ結合部の本体を形成するであろう。残る第2ソルダまたは金属、すなわちさらに別な追加ソルダ合金または金属(“第2合金”)が、金属基材との反応化学特性または第1合金に対する親和性に基づいて選択される。第2合金の溶解温度(融点)Tm(B)は第1合金の融点Tm(A)よりも低い。リフロー時に第2合金がまず溶解し、基材上に広がる。第1合金が溶解すると、第2合金の存在が基材上の融解第1合金の硬化を促す。第2合金は、IMCに完全に変換され、最終結合部内に最少程度で存在するか非存在である低温溶融相を発生させるように設計されている。

10

20

30

40

50

## 【0021】

ペースト内の追加物はリフロー時に反応化学特性を修正し、ウェッティングを改善し、IMCの厚みを制御し、よって接着強度を増強する。所望のウェッティングおよび信頼性を伴う高温無鉛はんだ付けのためのソルダに加えて、乏しいウェッティング性能のソルダが使用される時には常に、多くの他のはんだ付けの適用に設計プロセスが応用できる。例えば、Pb-Cu合金は高融点を有するが、様々な金属基材上でのウェッティング性能が乏しい。よってそれらははんだ付けに使用することが困難である。本発明においては、Sn合金またはSn含有合金のごとき少量の追加物はPb-Cuを助けて様々な金属表面をウェッティングさせる。しかし、もしSnがPb-Cu内で単に合金化されるだけなら、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>IMC形成はSnから反応化学特性を低下させるであろう。ソルダ内で多量のSnを合金化するとPb-Cuの融点を大きく低下させるであろうが、それは好ましいことではない。

10

## 【0022】

図1は、本発明の一実施形態に従う混成ソルダペーストを使用したリフロープロセスを図示する。この混成ソルダペーストはフラックス内に懸濁された第1合金ソルダ粒子118と第2合金ソルダ粒子115とを含んでいる。実施態様によっては、基材に対する、あるいは通常の基材の範囲に対する優れた反応化学特性に従って第2合金は選択される。混成ソルダペーストは基材124に適用される。(説明のため、フラックスは図面には図示しない)

20

## 【0023】

リフロー中に、組立部品の温度は第2合金の融点T<sub>m</sub>(B)を超えて上昇する。第2合金112は溶解し、基材124上および固体状態を保つ第1合金粒子118上に広がる。第2合金の優れた表面反応化学特性は基材124上での溶融ソルダ合金112のウェッティングを促すであろう。これで溶融第2合金112と基材124との間にIMC層109が形成される。従って、IMC層は主として当初のペースト内の第2合金115の量によって制御される。

20

## 【0024】

さらに、第2合金は第1合金に対して良好な親和性を有するように設計される。この親和性は、(1)第1合金と第2合金との間の負の混合エンタルピーによるか、あるいは(2)第1合金および第2合金からの構成元素で構成される共晶相の形成によって決定できる。実施態様によっては、この親和性は溶融第2合金112内に第1合金118の一部が溶解する結果を招き、第1合金と第2合金の混成物106を形成する。

30

## 【0025】

温度が第1合金の融点T<sub>m</sub>(A)を超えて上昇するにつれて第1合金は溶解を終結させ、第1合金と第2合金の溶液103を形成し、IMC層109をウェッティングする。組立部品がT<sub>m</sub>(A)を超えて維持された状態で、第2合金は溶液103から除去され、IMC層109を増加させ、溶融第1合金100を残す。実施態様によっては、IMC層109を形成するに加えて、第2合金からの余剰構成成分は第1合金からの構成成分と共にIMC内に取り込まれる。第1合金と第2合金との間の親和性はIMC層109上への第1合金100のウェッティングの改善に貢献し、結合強度を増強する。

40

## 【0026】

組立部品が冷却されると、ソルダバンプ121または結合部が、IMC109に接着された基材124で形成され、固化した第1合金に接着される。固化後には、改善された接着インターフェースを備えた均質ソルダ結合部が達成されている。

## 【0027】

混成ソルダペーストの使用から得られるソルダ結合部は、1つのソルダ合金を含んだソルダペーストの使用の大きな改善を示し、その単一ソルダ合金が第1合金と第2合金の元素で構成される場合であっても改善される。図2は、それぞれCu基材200とAl<sub>1</sub>o<sub>y</sub>42基材205の上の86.24重量%Bi10.02Ag3.74Sn+10重量%フラックスからなるソルダペーストを使用して形成されたソルダバンプ201と207を

50

図示する。これらの結果が示すように、大きな脱ウェッティング 202 と 206 が 1 つ(単一)のソルダ合金の使用で発生する。一方、図 3 は、それぞれ Cu 基材 210 と Al 100 と 42 基材 215 の上の 84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Bi 42Sn + 10 重量% フラックスからなる混成ソルダペーストを使用して形成されたソルダバンプ 211 と 216 を図示する。これらの結果が示すように、混成ソルダペーストの使用はほとんど、または全く視認できる脱ウェッティングを示さない。

#### 【0028】

一実施形態においては、混成ソルダペーストは第 1 合金としての BiAg と第 2 合金としての SnSb を含んでいる。第 2 合金において Sn は、様々な基材との Bi に勝るその優れた反応化学特性のために選択されている。SnSb は BiAg よりも融点が低い。Sn と Bi は負の混合エンタルピーを示し、二元相図に従って広い組成物範囲に共晶相を形成する。Sb と Bi はまた負混合エンタルピーおよび相互無限溶解性も示す。リフロー中に SnSb が最初に溶解し、Sn 含有 IMC 層を基材表面上に形成する。温度が BiAg の融点を超えると、ペースト内の全ての合金粉末は溶解する。Bi と Sn / Sb との間の良好な親和性は Sn 含有 IMC 層上の溶融 Bi の良好な接着を保証する。さらに、第 1 合金内での Ag の存在はソルダ本体内に存在する Ag3SnIMC に余剰 Sn を変換する。よって、最少の低温溶解 BiSn 相が残されるか、または全く低温溶解 BiSn 相は残らない。なぜなら、Sn は(1)ソルダと金属基材との間に IMC 層を形成し、(2)Ag3Sn を BiAg ソルダバンプ内部に形成することによって完全に消費されるからである。

10

20

30

#### 【0029】

図 5 は、84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Sn 15Sb + 10 重量% フラックスの使用から得られる結合部の DSC 曲線を図示する。最上部の曲線はセラミッククーポン上のリフロー後の熱流プロフィールを示す。138 近辺のスパイクは第 2 合金の存在を示す。最下部の曲線は Cu クーポン上のリフロー後のペーストの熱流プロフィールを示す。最下部の曲線でのこのスパイクの不在は、BiAg + SnSb 系内の低温溶解相の消失を立証する。図 6 は、BiAg + SnAg 系内の低温溶解相の消失を示す。図 6 の実験は、84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Sn 3.5Ag + 10 重量% フラックスを図 5 で示すようにセラミッククーポンと Cu クーポン上で使用した。図 7 は、BiAg + BiSn 系内での消失を示す。図 7 の実験は、図 5 及び図 6 同様にセラミッククーポンと Cu クーポン上で 84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Bi 42Sn + 10 重量% フラックスを使用した。図 7 では、セラミック上のソルダリフロー後の熱流プロフィールを示す最上部の曲線は低温溶解相の欠落を示す。これは、混成ソルダペースト内の反応剤 Sn の少量と、Sn と Ag との間の高親和性とによるものであろうし、結果として、第 2 合金の Sn が最終ソルダバンプ内の IMC に第 1 合金の Ag の一部と共に取り込まれる結果となる。

#### 【0030】

図 8a は、84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Sn 3.5Ag + 10 重量% フラックスからなる混成ソルダペーストの使用から得られるソルダ結合部の顕微鏡図である。この実施例では、混成ソルダペーストが Cu クーポン 300 に適用された。IMC 301 は Cu 300 と第 2 合金との間に形成される。IMC 301 のサイズは主としてペースト内の第 2 合金の量に依拠する。図示の実施例では、6 重量% の第 2 合金 Sn 3.5Ag はたった数ミクロン厚の IMC となった。ソルダ結合部の大部分は Bi リッチ相 302 内の Ag 303 で成る。150 で 2 週間のエージング(寝かし)は IMC 厚を大きくは増加させなかった。一方、Bi と Cu は中間金属を形成せず、IMC 層がソルダと基材との間に存在しないため、Bi 11Ag のみが弱い結合(力)を形成する。

40

#### 【0031】

本発明の一実施形態においては、混成ソルダペーストを設計する方法は、仕上げソルダ結合部の所望の特性に応じて第 1 合金を選択し、続いて、適用可能な基材と、選択された第 1 合金との親和性とに基づいて第 2 合金を選択することを含む。第 1 合金、第 2 合金およびフラックスの相対量は、所望の IMC 層厚、要求される適用条件およびリフロープロ

50

セス、等々の条件に基づいて決定できる。IMC層厚はソルダペースト内の第2合金の量と、リフロープロフィールと、適用後のエージング条件とに関係する。許容可能なIMC層の厚みは異なる適用条件および異なるIMC組成によって変動できる。例えば、Cu6Sn5/Cu3SnのIMC層には10ミクロンがほぼ許容可能な厚みである。

【0032】

ペースト内の第2合金の量が増加するにつれて最終結合部には低温溶解相が残るであろう。もし第2合金の量がソルダペースト内で低下したら、所望のウェッティング性能は達成が困難になろう。第2合金の量が減少すると、良好なウェッティングには基材上に印刷されるか提供された、さらに多い総量のペーストの使用が必要となる。しかし、ペーストの全量の増加は、はんだ付けパッケージからの形状的制約に干渉するかもしれない。

10

【0033】

高温ソルダ適用のためには、第1合金は様々な高温溶解ソルダ合金から選択されなければならない。実施態様によっては、その固相線温度が258程度以上であるBiリッチ合金、すなわちBi-Ag、Bi-CuおよびBi-Ag-Cuが使用される。第2合金（追加物）は、様々な金属皮膜表面仕上げ面上でウェッティングして接着する優れた化学特性と、融解Biに対する良好な親和性とを示す合金から選択される。

【0034】

これらの実施形態において、第2合金はBiリッチ合金に先立って、あるいはそれと共に溶解し、続いて基材上を容易にウェッティングして接着するであろう。一方、Biと第2合金との間の良好な親和性は良好なウェッティングを提供するであろう。従って、Sn、Sn合金、InおよびIn合金が第2合金として選択される。選択された第2合金の融点に基づいて3つのグループが分類されている。グループAは、固相線温度が約230から250の追加合金、すなわちSn、Sn-Sb、Sn-Sb-X（X=Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtおよびZn）合金、等々を含む。グループBは、固相線温度が約200から230のソルダ合金であるSn-Ag、Sn-Cu、Sn-Ag-X（X=Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbおよびZn）並びにSn-Zn合金、等々を含む。グループCは、200未満の固相線温度であるソルダ合金、すなわちSn-Bi、Sn-In、Bi-In、In-Cu、In-AgおよびIn-Ag-X（X=Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnおよびZn）、Sn-Bi-X（X=Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbまたはZn）、Sn-In-X（X=Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbまたはZn）、およびBi-In-X（X=Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbまたはZn）合金、等々のソルダ合金を有する。これら合金において、Sn及び/又はInは合金系の反応剤である。

20

【0035】

本発明の一実施形態においては、第1合金はBi-Ag系からの合金であり、約260以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第1合金は0から20重量%のAgを含み、残りはBiである。さらに別の実施形態では、第1合金は2.6から15重量%のAgを含み、残りはBiである。

30

【0036】

本発明の第2実施形態においては、第1合金はBi-Cu系から選択され、約270以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第1合金は0から5重量%のCuを含み、残りはBiである。さらに別な実施形態では、第1合金は0.2から1.5重量%のCuを含み、残りはBiである。

40

【0037】

本発明の第3実施形態においては、第1合金はBi-Ag-Cu系から選択され、約258以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第1合金は0から20重量%のAgと、0から5重量%のCuを含み、残りはBiである。さらに別な実施形態では、第

50

1合金は2.6から15重量%のAgと、0.2から1.5重量%のCuを含み、残りはBiである。

【0038】

本発明の第4実施形態においては、第2合金はSn-Sb系から選択され、約231から約250の固形線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から20重量%のSbを含み、残りはSnである。さらに別な実施形態では、第2合金は0から15重量%のSbを含み、残りはSnである。

【0039】

本発明の第5実施形態では、第2合金はSn-Sb-X(X=Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, PtおよびZn)を含み、約230から約250の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から20重量%のSbと0から20重量%のXを含み、残りはSnである。さらに別な実施形態では、第2合金は0から10重量%のSbと0から5重量%のXを含み、残りはSnである。

【0040】

本発明の第6実施形態においては、第2合金はSn-Agを含み、約221以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から10重量%のAgを含み、残りはSnである。別な実施形態では、第2合金は0から5重量%のAgを含み、残りはSnである。

【0041】

本発明の第7実施形態においては、第2合金はSn-Cuを含み、約227以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から5重量%のCuを含み、残りはSnである。別な実施形態では、第2合金は0から2重量%のCuを含み、残りはSnである。

【0042】

本発明の第8実施形態においては、第2合金はSn-Ag-X(X=Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, SbおよびZn)を含み、約216以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から10重量%のAgと0から20重量%のXを含み、残りはSnである。別な実施形態では、第2合金は0から5重量%のAgと0から5重量%のXを含み、残りはSnである。

【0043】

本発明の第9実施形態においては、第2合金はSn-Znを含み、約200以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から20重量%のZnを含み、残りはSnである。別な実施形態では、第2合金は0から9重量%のZnを含み、残りはSnである。

【0044】

本発明の第10実施形態においては、第2合金はBi-Sn合金を含み、約139以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は8から80重量%のSnを含み、残りはBiである。別な実施形態では、第2合金は30から60重量%のSnを含み、残りはBiである。

【0045】

本発明の第11実施形態においては、第2合金はSn-In合金を含み、約120以上の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から80重量%のInを含み、残りはSnである。別な実施形態では、第2合金は30から50重量%のInを含み、残りはSnである。

【0046】

本発明の第12実施形態においては、第2合金はBi-In合金を含み、約100から約200の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から50重量%のInを含み、残りはBiである。別な実施形態では、第2合金は20から40重量%のInを含み、残りはBiである。

10

20

30

40

50

## 【0047】

本発明の第13実施形態においては、第2合金はIn-Cu合金を含み、約100から約200の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から10重量%のCuを含み、残りはInである。別な実施形態では、第2合金は0から5重量%のCuを含み、残りはInである。

## 【0048】

本発明の第14実施形態においては、第2合金はIn-Ag合金を含み、約100から約200の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から30重量%のAgを含み、残りはInである。別な実施形態では、第2合金は0から10重量%のAgを含み、残りはInである。

10

## 【0049】

第15実施形態では、第2合金はIn-Ag-X (X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb, Sn および Zn) を含み、約100から200の固相線温度を有する。一特定実施形態では、第2合金は0から20重量%のAgと0から20重量%のXを含み、残りはInである。別な実施形態では、第2合金は0から10重量%のAgと0から5重量%のXを含み、残りはInである。

## 【0050】

本発明の更なる実施例は混成ソルダペーストを製造する方法を提供する。実施形態によつては、第1合金の粒子が形成され、第2合金の粒子が形成される。第1合金と第2合金の粒子はその後にフラックスと混合されてソルダペーストが形成される。最終ペーストは、第1合金粉末、第2合金粉末および残りのフラックスを含んでいる。実施形態によつては、第1合金粒子は少なくとも約260の固相線温度を有した合金製である。

20

## 【0051】

さらに別な実施形態では、第2合金は、固相線温度が約230と約250の間である合金、固相線温度が約200と約230の間である合金、又は、固相線温度が約200未満である合金とを含んでいる。実施形態によつては、ペーストは約60重量%と約92重量%の間の第1合金粉末を含んでおり、第2合金粉末の量は0%を超えるが12重量%以下であり、残りはフラックスである。さらに別な実施形態では、第2合金粉末は、2重量%と10重量%の間の混成ソルダペーストである。

## 【0052】

30

一特定実施形態では、第1合金は、Bi-Ag合金、Bi-Cu合金、又はBi-Ag-Cu合金を含んでいる。さらに別な実施形態では、約230から約250の固相線温度を有した合金は、Sn合金、Sn-Sb合金、又はSn-Sb-X (X = Ag, Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt および Zn) 合金を含んでいる。別の実施形態では、約200から約230の固相線温度を有した合金は、Sn-Ag合金、Sn-Cu合金、Sn-Ag-X (X = Al, Au, Bi, Co, Cu, Ga, Ge, In, Mn, Ni, P, Pd, Pt, Sb および Zn) 合金、またはSn-Zn合金を含んでいる。さらに別な実施形態では、約200未満の固相線温度を有した合金は、Sn-Bi合金、Sn-In合金、またはBi-In合金を含んでいる。

40

## 【0053】

さらに別な実施形態では、第2合金粉末は、複数の合金粉末を含んだ粉末を含んでいる。例えば、第2合金粉末は、ここで説明した合金から選択された異なる合金の混合物を含むことができる。実施形態によつては、混成ソルダペースト内の第1合金と第2合金の相対量はソルダ適用形態に従つて決定される。実施形態によつては、ペースト内の第2ソルダ合金の量が所定の閾値を超えて増加すると、最終ソルダ結合部内にいくらかの低温溶解相を維持する確率は増加するであろう。場合によつては、ペースト内の第2ソルダ合金の量が所定の閾値を下回ると、基材へのウェッティングは減少するであろう。一実施形態では、ペースト内の第2ソルダ合金の量は、低温溶解相がリフロー後に高温溶解IMCに完全に変換できるように決定される。別な実施形態では、ペースト内の第2合金は0重量%

50

を超える量と約12重量%未満の量との間で変動する。一特定実施形態では、ペースト内の第2合金は約2重量%を超えるが、約10重量%未満である。

【0054】

様々な通常の不純物すなわち少量の異なる元素に加えて、Snの反応特性が維持される限り他の元素を加えるか、合金内に取り込むことができる。

【0055】

実施形態によっては、混成ソルダペーストでのハンダ付けに使用されるリフロープロフィールは、第1合金の融点を超える温度に素早く熱せられるよう設計される。この場合には、低温での短い浸し時間がSn等の反応剤を基材側に素早く流させ、半固状溶解プールではなく完全溶解プール内で基材と反応させる。第1合金と第2合金の両方の溶解は、溶融ソルダから基材および部品への第2合金元素の拡散、並びに表面上への“沈め込み”を促すであろう。

10

【実施例】

【0056】

Example(実施例)

ここで説明する範囲をカバーする様々な混成合金粉末ソルダペーストが、ソルダ性能の確認のために試験された。

【0057】

表1は、Bi11AgまたはBi2.6Agを含んだ第1合金と、Sn10Ag25SbまたはSn10Ag10Sbを含んだ第2合金と、フラックスとを使用して作製された例示的混成ソルダペーストの組成を説明する。

20

【0058】

【表1】

表1 グループAの第2合金を使用した混成ソルダ合金の重量%

Bi11Ag	Bi2.6Ag	Sn10Ag25Sb	Sn10Ag10Sb	Sn15Sb	Flux
80wt%		10wt%			10wt%
82wt%		8wt%			10wt%
84wt%		6wt%			10wt%
86wt%		4wt%			10wt%
42wt%	42wt%	6wt%			10wt%
86wt%			4wt%		10wt%
84wt%				6wt%	10wt%
86wt%				4wt%	10wt%

30

40

【0059】

表2は、Bi11Agを含んだ第1合金と、Sn3.8Ag0.7Cu、Sn3.5Ag、Sn0.7CuまたはSn9Znを含んだ第2合金と、フラックスとを使用して作製された例示的混成ソルダペーストの組成を説明する。

50

【0060】

【表2】

表2 グループBの第2合金を使用した混成ソルダ合金の重量%

Bi11Ag	Sn3.8Ag0.7Cu	Sn3.5Ag	Sn0.7Cu	Sn9Zn	Flux
84wt%	6wt%				10wt%
86wt%	4wt%				10wt%
84wt%		6wt%			10wt%
86wt%		4wt%			10wt%
84wt%			6wt%		10wt%
86wt%			4wt%		10wt%
84wt%				6wt%	10wt%
86wt%				4wt%	10wt%

10

20

30

【0061】

表3は、Bi11Agを含んだ第1合金と、Bi42Sn、Bi33InまたはIn48Snを含んだ第2合金と、フラックスとを使用して作製された例示的混成ソルダペーストの組成を説明する。

【0062】

【表3】

表3 グループCの第2合金を使用した混成ソルダ合金の重量%

Bi11Ag	Bi42Sn	Bi33In	In48Sn	Flux
82wt%	8wt%			10wt%
84wt%	6wt%			10wt%
86wt%	4wt%			10wt%
82wt%		8wt%		10wt%
84wt%		6wt%		10wt%
86wt%		4wt%		10wt%
82wt%			8wt%	10wt%
84wt%			6wt%	10wt%
86wt%			4wt%	10wt%

10

20

30

40

50

## 【0063】

表1、表2および表3によって説明したそれぞれのペーストが準備され、3穴ステンレス鋼ステンシルを使用してクーポン上に印刷された。Cu、Ni、Alloy42およびアルミナのクーポンが使用された。それぞれのペーストがそれぞれのクーポンに印刷された。穴は1/4インチ(約0.635cm)径であった。印刷されたクーポンは混成合金粉末ソルダペースト用に設計されているプロフィールを備えたリフロー-オープンを介してリフローされた。リフローは、380、400および420の3域リフロー-オープン内で、N<sub>2</sub>雰囲気下、ベルト速度13インチ(約33cm)/分で実施された。

## 【0064】

CuとNiのクーポン上のウェッティング性能は視覚的に検査された。混成ソルダ合金の全てが、単独Bi11Agソルダペーストと比較して改善されたウェッティング性能を示した。図3と図4は典型的な結果を表わす写真である。図3は、84重量%Bi11Ag+6重量%Bi42Sn+10重量%フラックスからなる混成合金粉末ソルダの1例のウェッティング性能を示す。左側の画像はCuクーポン上でリフローしたペーストを示し、右側の画像はAlloy42クーポン上でリフローしたペーストを示す。図4は、84重量%Bi11Ag+6重量%Bi52In48Sn+10重量%フラックスからなる混成合金粉末ソルダペーストの1例のウェッティング性能を示す。左側の画像はCuクーポン400上でリフローしたペースト401を示し、右側の画像は、Alloy42Cuクーポン405上でリフローしたペースト402を示す。

## 【0065】

リフローしたソルダボールはDSC試験のためにアルミナクーポンから剥離された。Cuクーポン上とNiクーポン上に形成されたソルダバンプもDSC試験のためにパンチで除去された。10/分の加熱速度で示差走査熱量計を使用してDSC測定が実施された。代表的なDSC曲線は図5から図7に示されている。図5は、84重量%Bi11Ag

+ 6 重量% Sn 15 Sb + 10 重量% フラックスの使用で得られた結合部の DSC 曲線を示す。最上部の曲線はセラミッククーポン上のリフロー後の熱流プロフィールを図示する。約 138 でのスパイクは第 2 合金の存在を示す。最下部の曲線は Cu クーポン上のリフロー後のペーストの熱流プロフィールを示す。最下部の曲線でのこのスパイクの不在は BiAg + SnSb 系内の低温溶解相の消失を確認する。図 6 は、BiAg + SnAg 系内の低温溶解相の消失を示す。図 6 の実験は、図 5 でのように、セラミッククーポン上と Cu クーポン上で 84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Sn 3.5Ag + 10 重量% フラックスを使用した。図 7 は、BiAg + BiSn 系での消失を示す。図 7 の実験は、図 5 及び図 6 でのように、セラミッククーポン上と Cu クーポン上で 84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Bi 42Sn + 10 重量% フラックスを使用した。図 7 において、セラミック上のソルダリフロー後の熱流プロフィールを図示する最上部の曲線は低温溶解相の欠落を示す。これは、Sn と Ag との間の高親和性によるものであろうし、第 2 合金の Sn は最終ソルダパンプ内の IMC 内に取り込まれる結果となろう。

10

20

30

40

50

#### 【0066】

サンプルの断面は、ソルダパンプと Cu クーポンまたは Ni クーポンとの間のインターフェース（界面）での IMC 厚を決定するために画像化された。代表的な画像が図 8 に示されている。図 8 a は、Cu クーポン上で 84 重量% Bi 11Ag + 6 重量% Sn 3.5Ag + 10 重量% フラックスを使用したソルダパンプの断面である。図 8 b は、Ni クーポン上で同じソルダペーストを使用したソルダパンプの断面である。これら結果が示すように、IMC 層厚は両クーポン上で数 μm に規制された。

#### 【0067】

実施例においては、第 2 ソルダ合金は、0 重量% を超え 40 重量% までの Sb、0 重量% を超え 40 重量% までの Sn、および Bi で成る Bi - Sb - Sn 合金である。

#### 【0068】

実施例においては、第 2 ソルダ合金は Bi - Sb - Sn - X 合金であり、ここで X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt または Zn である。これら実施例の実施において、Bi - Sb - Sn - X 合金は、0 重量% を超え 40 重量% までの Sb、0 重量% を超え 40 重量% までの Sn、0 重量% を超え 5 重量% までの X、および Bi で成る。

#### 【0069】

実施例においては、第 1 ソルダ合金は、Bi - Ag - Y 合金、Bi - Cu - Y 合金、または Bi - Ag - Cu - Y 合金であり、Y は、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、Sn または Zn である。これら実施例の実施において、Y は、第 1 ソルダ合金の 0 重量% を超え 5 重量% までの範囲にある。

#### 【0070】

さらなる実施例においては、ソルダペーストは、さらに高い重量% の第 2 合金粉末、さらに低い重量% の第 1 合金粉末、またはそれらいくらかの組み合わせで成る。そのような 1 実施例では、ソルダペーストは、44 重量% と 60 重量% 未満の第 1 合金粉末と、0 重量% を超え 48 重量% 未満の第 2 合金粉末と、0 重量% と 15 重量% の間のフラックスで成る。この実施例の 1 特定形態では、第 2 合金粉末の量は、2 重量% を超え 40 重量% 未満であってもよい。

#### 【0071】

別なそのような実施例では、ソルダペーストは、44 重量% と 87 重量% の間の第 1 ソルダ合金粉末と、13 重量% と 48 重量% の間の第 2 ソルダ合金粉末と、0 重量% と 15 重量% の間のフラックスで成る。この実施例の 1 特定形態では、第 2 合金粉末の量は 26 重量% と 40 重量% の間であってもよい。

#### 【0072】

これら別実施例では、さらに高い重量% の第 2 合金粉末、さらに低い重量% の第 1 合金粉末、またはその組み合わせは、ソルダペーストの均質性を高める。この改善された均質性は混成合金ソルダペーストをさらに小さな結合部の形成に適用することを可能にし、少

なくとも、たった 0.2 mm 径の結合部の接着であろうがウェッティングと高温性能の両方を提供する。さらに、ソルダ合金粉末のこの組み合わせは、リフロー後のさらに高温なソルダ結合部温度さえも可能にする。例えば、そのような一形態においては、形成された結合部の再溶解温度は 270 を超えることができる。別なそのような形態では、形成された結合部の再溶解温度は 280 まで、あるいはそれ以上になり得る。

#### 【0073】

以上、本発明の様々な実施形態 / 実施例を説明してきたが、それらは例示として提供されただけであり、限定を意図したものではないことは理解されるべきである。同様に、様々な図面が本発明の例示的な構成またはその他の形態を図示するが、それらは本発明に含まれることができる特徴と機能性の理解を助けるために為されている。本発明は図示および説明された構成や形態に限定されず、望ましい特徴は様々な別構成および別形態を活用しても実施が可能である。事実、当業界の専門家には、本発明の望ましい特徴を実施するために、代替の機能的、論理的または物理的な分割および形態がいかに利用できるかは明らかであろう。また、ここで説明したもの以外の多数の異なる構成成分が様々な分割形態に適用できる。加えて、フロー図、運用の説明および方法クレーム（請求項）に関して、そこで実施ステップが提供されている順序は、特にその他に言及がない限り、様々な実施例が、明記された機能性を同一順序で実施すべく実施されることを要求しない。

10

#### 【0074】

本発明は様々な代表的実施例および態様によって上述されているが、1以上の個別の実施例で説明されている様々な特徴、形態および機能性は、説明されているそれらの特定実施例での適用性に限定されず、具体的に説明されていようがいまいが、そのような特徴が説明されている実施例の一部であると説明されていようがいまいが、単独または様々な組み合わせで本発明の他の実施例にも適用が可能であることは理解されるべきである。よって、本発明の広がりと範囲はいかなる上述の代表的な実施例に限定されるべきではない。

20

#### 【0075】

本明細書で使用されている用語および表現、並びにそれらの変形は、その他が特に明示的に述べられていなければ、限定されているものではなく開かれた意味である。その例として、“含む”なる語は、“限定なく含む”等を意味し、用語“例”は説明している物の代表例を提供するものであり、その枯渇的あるいは限定されたリストを提供するためのものではなく、特に数に言及されていないものは、“少なくとも 1 つ”、“1 以上”等の意味であり、“従来的”、“伝統的”、“通常の”、“標準的”、“知られた”およびその類似表現は、所定の期間または所定の時期に利用可能な物に限定されると理解されるべきでなく、現在または将来の任意のときに利用が可能な、または知られている普通、伝統的、通常または標準的な技術を網羅すると読まれるべきである。同様に、この明細書が当該分野の専門家に明らかであるか知られた技術に言及する場合には、そのような技術は、現在または将来の任意のときに専門家に明らかであるか知られているものを網羅する。

30

#### 【0076】

“1 以上”、“少なくとも”、“限定されない”等々の用語は、広がりを持たせる用語が不在である場合に、それより狭い場合が想定されているか必要とされているということを意味しているとは理解されるべきではない。用語“モジュール”的使用は、モジュールの一部として説明されているか請求されている構成成分あるいは機能性が全て共通のパッケージ内に収まるように設計されているとは意味しない。事実、モジュールの様々な構成要素は、制御ロジックであろうが他の構成要素であろうが、1つのパッケージ内で組み合わせが可能であり、あるいは別々に維持が可能であり、さらに複数のグループまたはパッケージに、または複数の位置に別々に配分することが可能である。

40

#### 【0077】

加えて、ここに記載する様々な実施例は代表的なブロック図、フローチャート、その他の図の形態で説明されている。本明細書を読んだ当該分野の専門家には明らかであろうが、説明および図解されている実施例およびそれらの様々な変形は、説明されている例に限定されることなく実施が可能である。例えば、ブロック図およびそれらに付随する説明は

50

、特定の構成または形態を必須とするものと理解されるべきではない。

【符号の説明】

【0 0 7 8】

図2中の「Dewetting」とは、脱ウェッティング（または、非濡れ）。

図2, 3, 4中の「Alloy 42」は、合金42。

図8a, 8bの「Solder」は、ソルダ（はんだ）。

「Bi-rich phase」は、Biリッチ相。

「IMC」は、金属間化合物。

【図1】

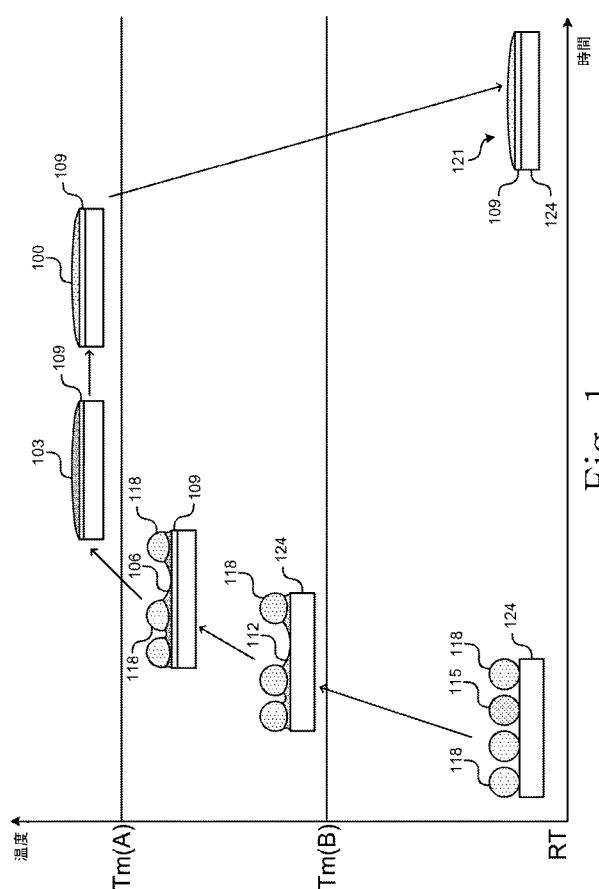


Fig. 1

【図2】

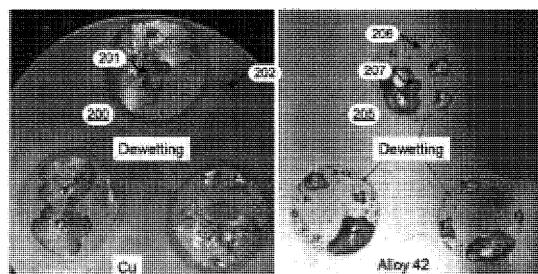


Fig. 2

【図3】

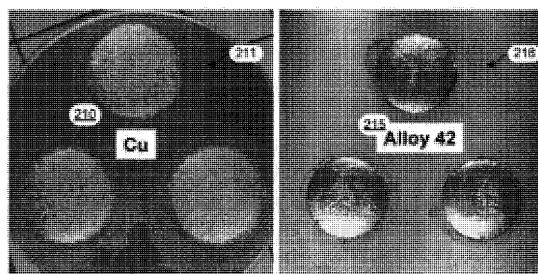


Fig. 3

【図4】

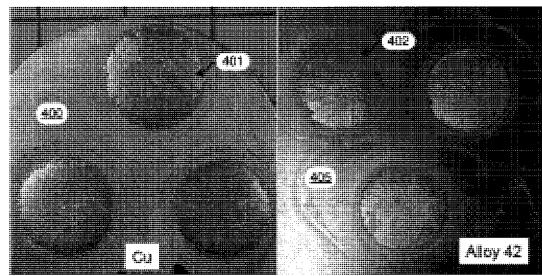


Fig. 4

【図5】

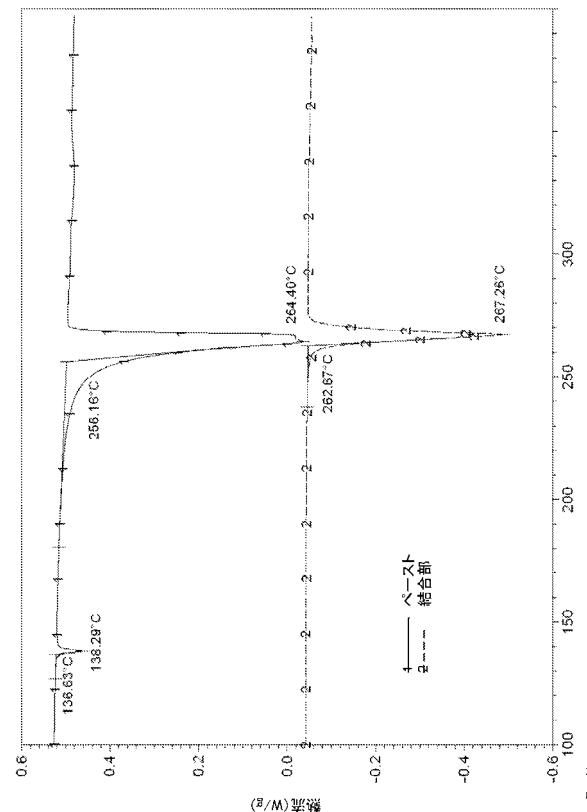


Fig. 5

【図6】

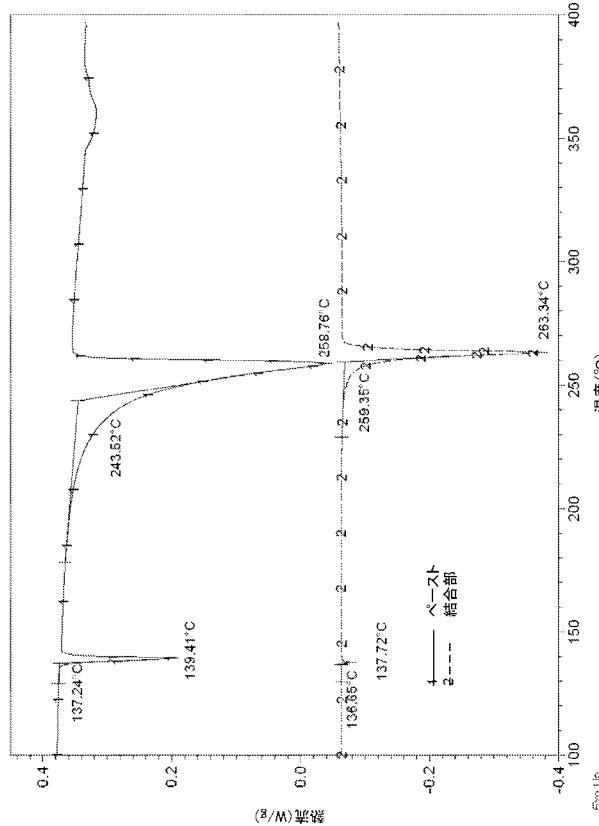


Fig. 6

【図7】

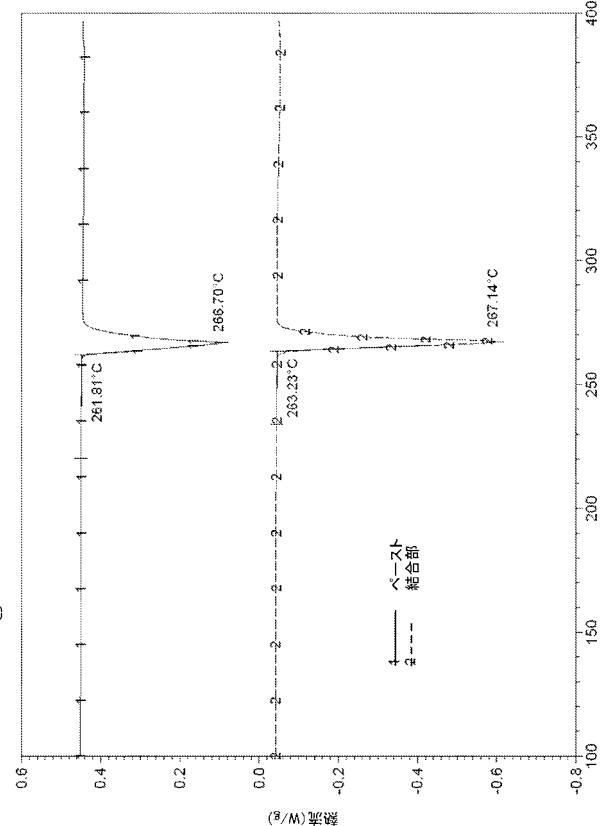


Fig. 7

【図 8 a】

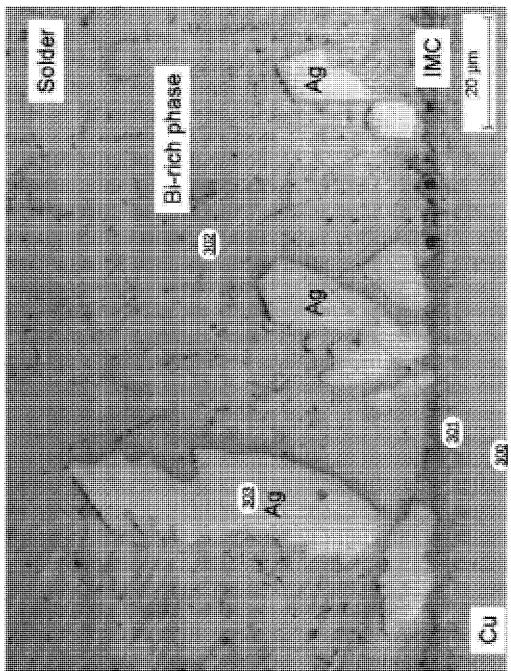


Fig. 8a

【図 8 b】

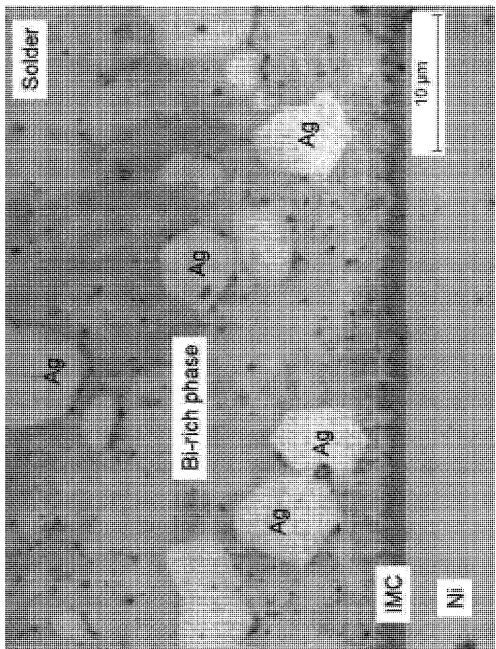


Fig. 8b

## 【手続補正書】

【提出日】平成29年11月1日(2017.11.1)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ソルダペースト(はんだペースト)であって、

44重量%から60重量%未満の第1ソルダ合金粉末の量と、

0重量%を超える48重量%までの第2ソルダ合金粉末の量と、

フランクスとからなり、

前記第1ソルダ合金粉末は、260を超える固相線温度を有した第1ソルダ合金からなり、当該第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Ag-Y合金、Bi-Cu合金、Bi-Cu-Y合金、Bi-Ag-Cu合金、またはBi-Ag-Cu-Y合金であり、ここでYは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZnであり、

前記第2ソルダ合金粉末は、250未満の固相線温度を有した第2ソルダ合金からなる、ことを特徴とするソルダペースト。

## 【請求項2】

前記第2ソルダ合金は230と250の間の固相線温度を有している請求項1記載のソルダペースト。

## 【請求項3】

前記第2ソルダ合金は、Sn合金、Sn-Sb合金、またはSn-Sb-X合金(Xは

、A g、A l、A u、B i、C o、C u、G a、G e、I n、M n、N i、P、P d、P tまたはZ n)である、請求項2記載のソルダペースト。

【請求項4】

前記第2ソルダ合金は200と230の間の固相線温度を有している請求項1記載のソルダペースト。

【請求項5】

前記第2ソルダ合金は、S n - A g合金、S n - C u合金、S n - A g - X合金(Xは、A l、A u、B i、C o、C u、G a、G e、I n、M n、N i、P、P d、P t、S bもしくはZ n)、またはS n - Z n合金である、請求項4記載のソルダペースト。

【請求項6】

前記第2ソルダ合金は200未満の固相線温度を有している請求項1記載のソルダペースト。

【請求項7】

前記第2ソルダ合金は、S n - B i合金、S n - I n合金、B i - I n合金、S n - B i - X合金(Xは、A g、A l、A u、C o、C u、G a、G e、I n、M n、N i、P、P d、P t、S bもしくはZ n)、S n - I n - X合金(Xは、A g、A l、A u、B i、C o、C u、G a、G e、M n、N i、P、P d、P t、S bもしくはZ n)、またはB i - I n - X合金(Xは、A g、A l、A u、C o、C u、G a、G e、M n、N i、P、P d、P t、S bもしくはZ n)である、請求項6記載のソルダペースト。

【請求項8】

前記第2ソルダ合金粉末の量は2重量%と40重量%の間である請求項1記載のソルダペースト。

【請求項9】

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超える40重量%までのS bと、0重量%を超える40重量%までのS nと、B iとからなるB i - S b - S n合金である請求項1記載のソルダペースト。

【請求項10】

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超える40重量%までのS b、0重量%を超える40重量%までのS n、0重量%を超える5重量%までのX、およびB iからなるB i - S b - S n - X(Xは、A g、A l、A u、C o、C u、G a、G e、I n、M n、N i、P、P d、P tまたはZ n)である請求項1記載のソルダペースト。

【請求項11】

前記第1ソルダ合金は、B i - A g合金、B i - C u合金またはB i - A g - C u合金である、請求項1記載のソルダペースト。

【請求項12】

前記第1ソルダ合金は、B i - A g - Y合金、B i - C u - Y合金またはB i - A g - C u - Y合金であり、ここでYは、0重量%を超える、5重量%までの範囲である請求項1記載のソルダペースト。

【請求項13】

前記第1ソルダ合金は、  
0重量%を超える20重量%までのA gで残り部分はB iを含むか、  
0重量%を超える5重量%までのC uで残り部分はB iを含むか、あるいは、  
0重量%を超える20重量%までのA gおよび0重量%を超える5重量%までのC uで残り部分はB iを含んでいる、請求項1記載のソルダペースト。

【請求項14】

前記第1ソルダ合金は、  
2.6重量%から15重量%のA gで残り部分はB iを含むか、  
0.2重量%から1.5重量%のC uで残り部分はB iを含むか、あるいは、  
2.6重量%から15重量%のA gおよび0.2重量%から1.5重量%のC uで残り部分はB iを含んでいる、請求項1記載のソルダペースト。

**【請求項 15】**

ソルダペースト（はんだペースト）であつて、

44重量%と87重量%の間の第1ソルダ合金粉末の量と、

13重量%と48重量%の間の第2ソルダ合金粉末の量と、

フラックスとからなり、

前記第1ソルダ合金粉末は、260℃を超える固相線温度を有した第1ソルダ合金からなり、当該第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Ag-Y合金、Bi-Cu合金、Bi-Cu-Y合金、Bi-Ag-Cu合金、またはBi-Ag-Cu-Y合金であり、ここでYは、Al、Au、Co、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、Sb、SnまたはZnであり、

前記第2ソルダ合金粉末は、250℃未満の固相線温度を有した第2ソルダ合金からなる、ことを特徴とするソルダペースト。

**【請求項 16】**

前記第2ソルダ合金は230℃と250℃の間の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 17】**

前記第2ソルダ合金は、Sn合金、Sn-Sb合金、またはSn-Sb-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtまたはZn）合金である、請求項16記載のソルダペースト。

**【請求項 18】**

前記第2ソルダ合金は200℃と230℃の間の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 19】**

前記第2ソルダ合金は、Sn-Ag合金、Sn-Cu合金、Sn-Ag-X合金（Xは、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、またはSn-Zn合金である、請求項18記載のソルダペースト。

**【請求項 20】**

前記第2ソルダ合金は200℃未満の固相線温度を有している請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 21】**

前記第2ソルダ合金は、Sn-Bi合金、Sn-In合金、Bi-In合金、Sn-Bi-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、Sn-In-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）、またはBi-In-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、P、Pd、Pt、SbもしくはZn）である、請求項20記載のソルダペースト。

**【請求項 22】**

前記第2ソルダ合金粉末の量は26重量%と40重量%の間である請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 23】**

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超え40重量%までのSbと、0重量%を超え40重量%までのSnと、BiとからなるBi-Sb-Sn合金である請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 24】**

前記第2ソルダ合金は、0重量%を超え40重量%までのSb、0重量%を超え40重量%までのSn、0重量%を超え5重量%までのX、およびBiからなるBi-Sb-Sn-X合金（Xは、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、Ni、P、Pd、PtまたはZn）である請求項15記載のソルダペースト。

**【請求項 25】**

前記第1ソルダ合金は、Bi-Ag合金、Bi-Cu合金またはBi-Ag-Cu合金

である、請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 2 6】

前記第 1 ソルダ合金は、Bi - Ag - Y 合金、Bi - Cu - Y 合金または Bi - Ag - Cu - Y 合金を含んでおり、ここで Y は、0 重量 % を超え、5 重量 % までの範囲である請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 2 7】

前記第 1 ソルダ合金は、  
0 重量 % を超え 20 重量 % までの Ag で残り部分は Bi を含むか、  
0 重量 % を超え 5 重量 % までの Cu で残り部分は Bi を含むか、あるいは、  
0 重量 % を超え 20 重量 % までの Ag および 0 重量 % を超え 5 重量 % までの Cu で残り部分は Bi を含んでいる、請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 2 8】

前記第 1 ソルダ合金は、  
2.6 重量 % から 15 重量 % の Ag で残り部分は Bi を含むか、  
0.2 重量 % から 1.5 重量 % の Cu で残り部分は Bi を含むか、あるいは、  
2.6 重量 % から 15 重量 % の Ag および 0.2 重量 % から 1.5 重量 % の Cu で残り部分は Bi を含んでいる請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 2 9】

前記第 1 ソルダ合金の固相線温度は 280 以下である請求項 1 記載のソルダペースト。

【請求項 3 0】

前記第 2 ソルダ合金は、Bi - Sn 合金、Bi - In 合金、Bi - Sb - Sn 合金、  
Sn - Bi - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、  
Ni、P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、  
Sn - In - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、  
Ni、P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、  
Bi - In - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、  
P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、または、  
Bi - Sb - Sn - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、  
Mn、Ni、P、Pd、Pt もしくは Zn ) である、請求項 1 記載のソルダペースト。

【請求項 3 1】

前記第 1 ソルダ合金の固相線温度は 280 以下である請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 3 2】

前記第 2 ソルダ合金は、Bi - Sn 合金、Bi - In 合金、Bi - Sb - Sn 合金、  
Sn - Bi - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、Mn、  
Ni、P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、  
Sn - In - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Bi、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、  
Ni、P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、  
Bi - In - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、Mn、Ni、  
P、Pd、Pt、Sb もしくは Zn )、または、  
Bi - Sb - Sn - X 合金 (X は、Ag、Al、Au、Co、Cu、Ga、Ge、In、  
Mn、Ni、P、Pd、Pt もしくは Zn ) である、請求項 1 5 記載のソルダペースト。

【請求項 3 3】

前記第 2 ソルダ合金は、基材と反応して界面を提供する金属間化合物層を形成する反応性構成成分を含んでいる請求項 1 記載のソルダペースト。

【請求項 3 4】

前記反応性構成成分は、リフロー後に、該反応性構成成分が前記界面を提供する金属間化合物層の内に完全に消費されるような量、あるいは、該反応性構成成分が前記界面を提供する金属間化合物層および結合部内の一層以上の追加的金属間化合物の内に完全に消費

されるような量で存在しており、ここで前記一種以上の追加的金属間化合物は、前記第2ソルダ合金の一種以上の構成成分および前記第1ソルダ合金の一種以上の構成成分からなる、請求項3記載のソルダペースト。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT																
				International application No PCT/US2016/021343												
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B23K35/26 C22C12/00 C22C13/00 C22C13/02 C22C28/00 H05K3/34 C22C30/02 C22C30/04 C22C30/06 <b>ADD.</b> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K C22C H05K																
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  EPO-Internal, WPI Data																
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 2008/207814 A1 (WROSCH MATTHEW [US] ET AL) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraph [0124] paragraph [0109] -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1,6,8, 15,20,22</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">EP 1 952 934 A1 (SENJU METAL INDUSTRY CO [JP]; MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 August 2008 (2008-08-06) claims 1-8 paragraphs [0014], [0016]; tables 3-1 to 3-3 -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-32</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">A</td> <td style="text-align: left; padding: 2px;">US 2010/252616 A1 (SHEARER CATHERINE [US] ET AL) 7 October 2010 (2010-10-07) the whole document ----- -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-32 -/-</td> </tr> </tbody> </table>					Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2008/207814 A1 (WROSCH MATTHEW [US] ET AL) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraph [0124] paragraph [0109] -----	1,6,8, 15,20,22	A	EP 1 952 934 A1 (SENJU METAL INDUSTRY CO [JP]; MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 August 2008 (2008-08-06) claims 1-8 paragraphs [0014], [0016]; tables 3-1 to 3-3 -----	1-32	A	US 2010/252616 A1 (SHEARER CATHERINE [US] ET AL) 7 October 2010 (2010-10-07) the whole document ----- -----	1-32 -/-
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.														
X	US 2008/207814 A1 (WROSCH MATTHEW [US] ET AL) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraph [0124] paragraph [0109] -----	1,6,8, 15,20,22														
A	EP 1 952 934 A1 (SENJU METAL INDUSTRY CO [JP]; MURATA MANUFACTURING CO [JP]) 6 August 2008 (2008-08-06) claims 1-8 paragraphs [0014], [0016]; tables 3-1 to 3-3 -----	1-32														
A	US 2010/252616 A1 (SHEARER CATHERINE [US] ET AL) 7 October 2010 (2010-10-07) the whole document ----- -----	1-32 -/-														
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> 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 added 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		Date of mailing of the international search report														
31 May 2016		07/06/2016														
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.O. Box 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Pircher, Ernst														

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2016/021343

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003 211289 A (FUJITSU LTD) 29 July 2003 (2003-07-29) the whole document -----	1-32
A	JP H11 347784 A (VICTOR COMPANY OF JAPAN) 21 December 1999 (1999-12-21) the whole document -----	1-32

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2016/021343

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2008207814	A1	28-08-2008	NONE		
EP 1952934	A1	06-08-2008	CN	101351296 A	21-01-2009
			EP	1952934 A1	06-08-2008
			JP	5067163 B2	07-11-2012
			KR	20080069673 A	28-07-2008
			US	2009301607 A1	10-12-2009
			WO	2007055308 A1	18-05-2007
US 2010252616	A1	07-10-2010	JP	2012523091 A	27-09-2012
			JP	2014167915 A	11-09-2014
			KR	20120032463 A	05-04-2012
			TW	201108248 A	01-03-2011
			US	2010252616 A1	07-10-2010
			WO	2010114874 A2	07-10-2010
JP 2003211289	A	29-07-2003	NONE		
JP H11347784	A	21-12-1999	NONE		

---

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, T  
J, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, R  
O, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, H  
N, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG  
, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,  
UA, UG, US