

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6706351号  
(P6706351)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月19日(2020.5.19)

(51) Int.Cl.	F I				
<b>H01L 21/60</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H01L 21/60</b>	<b>311Q</b>		
<b>H05K 3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H05K 3/34</b>	<b>507K</b>		
<b>B23K 35/26</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H05K 3/34</b>	<b>507C</b>		
<b>C22C 13/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H05K 3/34</b>	<b>512C</b>		
<b>C22C 12/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B23K 35/26</b>	<b>310C</b>		
請求項の数 10 (全 14 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2018-562731 (P2018-562731)	(73) 特許権者	505205731
(86) (22) 出願日	平成30年1月19日 (2018.1.19)		レノボ・シンガポール・プライベート・リ
(86) 国際出願番号	PCT/IB2018/000025		ミテッド
(87) 国際公開番号	W02018/134673		シンガポール 556741、ニューテッ
(87) 国際公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)		クパーク、#02-01、ローロンチュア
審査請求日	平成31年2月7日 (2019.2.7)		ン 151
(31) 優先権主張番号	特願2017-9017 (P2017-9017)	(74) 代理人	100180426
(32) 優先日	平成29年1月20日 (2017.1.20)		弁理士 廻物 英貴
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(72) 発明者	稲葉 耕
			東京都足立区千住橋戸町23番地 千住金
			属工業株式会社内
		(72) 発明者	竹政 哲
			東京都足立区千住橋戸町23番地 千住金
			属工業株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 はんだ接合方法、およびはんだ継手

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

はんだ継手を形成することにより基板の電極と電子部品の電極を接合するはんだ接合方法であって、

前記基板の電極に、前記電子部品の電極に形成したはんだ合金よりも融点の低いSn-Bi系はんだ合金を形成し、

前記基板の電極に形成されたはんだ合金と前記電子部品の電極に形成されたはんだ合金が接触するように前記基板上に前記電子部品を搭載し、

ピーク加熱温度を150~180とし、前記ピーク加熱温度の保持時間を60秒超え150秒以下として前記基板を加熱し、

加熱後の冷却速度を3 /秒以上として前記基板を冷却して前記はんだ継手を形成し、  
前記はんだ継手は、5 μm<sup>2</sup>以下の面積を有するBi相の個数のうち、0.5 μm<sup>2</sup>以下の面積を有するBi相の個数が占める割合が、平均で60%以上である

ことを特徴とするはんだ接合方法。

【請求項2】

前記ピーク加熱温度は前記電子部品の電極に形成したはんだ合金の融点より低い、請求項1に記載のはんだ接合方法。

【請求項3】

前記Sn-Bi系はんだ合金は、Sn-Biはんだ合金、Sn-Bi-Cuはんだ合金、Sn-Bi-Niはんだ合金、Sn-Bi-Cu-Niはんだ合金、Sn-Bi-Ag

はんだ合金、およびSn - Bi - Sbはんだ合金の少なくとも1種である、請求項1または2に記載のはんだ接合方法。

【請求項4】

前記Sn - Bi系はんだ合金は、Sn - Bi - Cu - Niはんだ合金である、請求項1または2に記載のはんだ接合方法。

【請求項5】

前記Sn - Bi系はんだ合金のBi含有量は、質量%で、Bi : 30 ~ 80%である、請求項1 ~ 4のいずれか1項に記載のはんだ接合方法。

【請求項6】

前記Sn - Bi系はんだ合金のBi含有量は、質量%で、Bi : 30 ~ 80% (40 ~ 58%を除く。)である、請求項1 ~ 4のいずれか1項に記載のはんだ接合方法。

10

【請求項7】

前記Sn - Bi系はんだ合金は、質量%で、Bi : 58%、及び残部Snである、請求項1 ~ 3のいずれか1項に記載のはんだ接合方法。

【請求項8】

前記電子部品の電極に形成されたはんだ合金は、Sn - Cuはんだ合金、Sn - Agはんだ合金、Sn - Ag - Cuはんだ合金、Sn - Ag - Cu - Niはんだ合金、Sn - Ag - Cu - Sbはんだ合金、およびSn - Ag - Cu - Ni - Sbはんだ合金の少なくとも1種である、請求項1 ~ 7のいずれか1項に記載のはんだ接合方法。

【請求項9】

20

前記基板の電極に形成されたはんだ合金の融点と前記電子部品の電極に形成されたはんだ合金の融点の温度差が30以上である、請求項1 ~ 8のいずれか1項に記載のはんだ接合方法。

【請求項10】

基板の電極と電子部品の電極を接合するはんだ継手において、  
前記基板の電極には、前記電子部品の電極に形成されたはんだ合金よりも融点の低いSn - Bi系はんだ合金が形成されており、  
前記はんだ継手は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数が占める割合が、平均で60%以上であることを特徴とするはんだ継手。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、接続信頼性に優れたはんだ継手を形成して基板と電子部品を接合するはんだ接合方法、およびはんだ継手に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電子機器の小型化・薄型化にともない、電子機器に搭載されている電子部品の高集積化が要求されている。電子部品の高集積化のためには高密度実装が必要である。このような高密度実装方法としては、例えばBGAを用いたフリップチップ実装が挙げられる。

40

【0003】

フリップチップ実装は、プリント基板に電子部品を搭載し、プリント基板上のはんだパンプとBGAとをリフローにより溶融接合する方法である。プリント基板には多数のはんだパンプが形成されていることから、リフローでは、接続不良がないはんだ継手を形成するためにはんだ合金が十分に溶融するような高温に加熱する。このため、プリント基板およびBGAが高温に曝される。一般的に用いられているSnAgCuはんだ合金は、固相線温度が220程度であるため、従来では、リフロー時においてプリント基板やBGAはこの温度より高温に曝されていた。

【0004】

50

このような条件では、熱による基板の反りが発生することがある。また、プリント基板とBGAの熱膨張係数の差によって、リフロー後の冷却時に応力がはんだ継手に集中してしまい、はんだ継手の破断の恐れもある。さらには、高温でのリフローは、製造コストも割高になってしまう。

【0005】

このような問題を解消するため、低温接合に関する提案がなされている。例えば特許文献1には、BGA側に高融点はんだ合金層を形成し、プリント基板側に低融点合金層を形成し、これらの層を接触させた後、低融点はんだ合金の融点以上、高融点はんだ合金の融点未満の温度域で加熱するはんだ接合方法が提案されている。この方法によれば、上記温度域での加熱によって、高融点はんだ合金が残存するとともに、低融点合金層と高融点合金層とが溶融拡散を用いた接合を実現し、基板への熱的損傷が避けられるとされている。また、上記文献では、190で40秒間保持する加熱が行われたが記載されている。さらに、上記文献では、低融点はんだ合金として、Sn-58Biが例示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-307228号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

20

しかし、加熱温度が190では電子部品への熱的損傷を防ぐためには不十分であり、更に加熱温度を下げる必要がある。ただ、特許文献1に記載の発明では錫鉛共晶はんだとほぼ同様の加熱プロセスで良好な接合部が得られる接合方法を提供することを目的としている。そして、特許文献1に記載の接合方法では第2の合金層である低融点合金の溶融拡散を用いて接合を実現している。したがって、融点が183である63Sn-37Pb共晶合金層を形成するためには190以上の加熱温度が必要であるため、加熱温度を下げると特許文献1に記載の溶融拡散による接合が困難になる。

【0008】

また、特許文献1には、はんだ継手の元素分布を均一にするために更に高い温度および長い時間でも加熱が必要になると記載されている。しかし、高い温度で加熱すると冷却時間を要するため、接続界面の金属間化合物層やはんだ継手を構成するはんだ合金の結晶相が成長し、応力が加えられた時に金属間化合物層の界面や結晶相の界面に応力が集中し、加熱後の冷却時に応力が最も集中する接合界面もしくはその近傍領域から破断する恐れがある。はんだ合金の合金組成を金属間化合物の成長が抑制されるような組成にすることも考えられるが、組成が限定される上、加熱温度や時間によっては金属間化合物の成長を抑制するには限界がある。特に、特許文献1では低融点はんだ合金としてSn-58Biを用いており、共晶部分のBiは硬くて脆い性質を有するため、はんだ継手の破断が顕著に表れる。

30

【0009】

一方、特許文献1には、高融点合金層が残存していても十分な接合信頼性が得られるため、高融点合金層を残すようにはんだ接合条件を比較的低温かつ短時間に設定することも記載されている。この場合、はんだ継手の組織が均一になり難しく、はんだ継手の破断を招いてしまう。

40

【0010】

そこで、本発明の課題は、電子部品の熱的損傷を低減し、優れた接続信頼性を有するはんだ継手を形成して基板の電極と電子部品の電極とを接合するはんだ接合方法、およびはんだ継手を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、特許文献1に記載のように、電子部品側に高融点はんだ合金を形成し、

50

プリント基板側に低融点はんだ合金を形成する構成において、電子部品の熱的損傷を防ぐ観点から、基板側の電極に用いるはんだ合金としてSn-Bi系低融点はんだ合金を用いた上で、加熱温度を下げることを前提として、鋭意検討を行った。

【0012】

本発明者らは、まず、加熱温度を下げて組織の均一化による優れた接続信頼性を得るため、加熱時間を従来よりも長めに設定した。ただ、長時間の加熱は、製造コストの増大を招くため、通常では短縮する時間設定がなされる。

【0013】

ここで、従来では、プリント基板と電子部品との熱膨張差に起因する残留応力を低減する観点から、リフロー後の冷却速度を2 / s以下にまで遅くせざるを得なかった。しかし、冷却速度を遅くすると、はんだ合金のBi相が粗大化することによりはんだ継手の接続信頼性が劣化する懸念がある。

10

【0014】

そこで、本発明者らは、従来よりもリフロー温度を下げ、従来とは異なり長時間の加熱を行った上で、敢えて、リフロー後の冷却速度を速くすることによって、電子部品への熱的損傷を防ぎ、電子部品側の高融点はんだ合金と基板側の低融点はんだ合金との溶融拡散、および低融点はんだ合金と電極との溶融拡散が十分に行われ、さらには基板側の接合界面の金属間化合物層の成長を抑制するとともにSn-Bi系低融点はんだ合金が微細化し、接合界面および結晶界面への応力集中を抑制して優れた接続信頼性を確保することができる知見を得た。また、加熱温度を下げているため、加熱後に急冷しても、そもそも基板の熱膨張差による残留応力が低減されており、はんだ継手の優れた接続信頼性を維持する知見が得られた。

20

【0015】

本発明の第1態様に係る、はんだ継手を形成することにより基板の電極と電子部品の電極を接合するはんだ接合方法は、基板の電極に、電子部品の電極に形成したはんだ合金よりも融点の低いSn-Bi系はんだ合金を形成し、基板の電極に形成されたはんだ合金と電子部品の電極に形成されたはんだ合金が接触するように基板上に電子部品を搭載し、ピーク加熱温度を150~180 とし、ピーク加熱温度の保持時間を60秒超え150秒以下として基板を加熱し、加熱後の冷却速度を3 / 秒以上として基板を冷却してはんだ継手を形成する工程を含み、はんだ継手は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数が占める割合が、平均で60%以上である。

30

【0016】

ピーク加熱温度は電子部品の電極に形成したはんだ合金の融点より低くてもよい。

【0017】

Sn-Bi系はんだ合金は、Sn-Biはんだ合金、Sn-Bi-Cuはんだ合金、Sn-Bi-Niはんだ合金、Sn-Bi-Cu-Niはんだ合金、Sn-Bi-Agはんだ合金、およびSn-Bi-Sbはんだ合金の少なくとも1種であってもよい。

Sn-Bi系はんだ合金は、Sn-Bi-Cu-Niはんだ合金であってもよい。

【0018】

Sn-Bi系はんだ合金のBi含有量は、質量%で、Bi:30~80%であってもよい。

40

Sn-Bi系はんだ合金のBi含有量は、質量%で、Bi:30~80%(40~70%を除く。)であってもよい。

Sn-Bi系はんだ合金は、質量%で、Bi:58%、及び残部Snであってもよい。

【0019】

電子部品の電極に形成されたはんだ合金は、Sn-Cuはんだ合金、Sn-Agはんだ合金、Sn-Ag-Cuはんだ合金、Sn-Ag-Cu-Niはんだ合金、Sn-Ag-Cu-Sbはんだ合金、およびSn-Ag-Cu-Ni-Sbはんだ合金の少なくとも1種であってもよい。

50

## 【0020】

基板の電極に形成されたはんだ合金の融点と電子部品の電極に形成されたはんだ合金の融点の温度差が30以上であってもよい。

## 【0021】

本発明の第2態様に係る、基板の電極と電子部品の電極を接合するはんだ継手は、基板の電極には、電子部品の電極に形成されたはんだ合金よりも融点の低いSn-Bi系はんだ合金が形成されており、はんだ継手は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数が占める割合が、平均で60%以上である。

## 【図面の簡単な説明】

10

## 【0022】

【図1】図1は、加熱後の温度プロファイルを変えた場合における、はんだ継手中のBi含有量と、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の占める割合との関係を示すグラフである。

【図2】図2は、基板の電極に形成されたはんだ合金の合金組成とリフロー時の温度プロファイルとを変更して得られたはんだ継手における、各はんだ継手の破断面SEM写真を示し、図2(a)は、比較例1の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(b)は、発明例1の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(c)は、比較例2の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(d)は、発明例2の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(e)は、比較例3の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(f)は、発明例3の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真である。

20

## 【発明を実施するための形態】

## 【0023】

本発明を以下の実施形態を用いて詳しく説明する。以下の形態は例を示したにすぎず、必ずしもこれに限定されるものではない。また、本明細書において、はんだ合金組成に関する「%」は、特に指定しない限り「質量%」である。

## 【0024】

## 1. はんだ継手の基本構造

本発明の実施形態に係るはんだ接合方法は、はんだ継手を形成することにより基板の電極と電子部品の電極を接合するはんだ接合方法である。

30

## 【0025】

本実施形態のはんだ接合方法で形成されるはんだ継手は、基板の電極と電子部品の電極を接合した接合構造を有する。本実施形態で用いる基板は所謂プリント基板であり、基板の電極にはペーストが塗布されている。電子部品の電極にははんだボールを用いたパンプが形成されている。本実施形態のはんだ接合方法で形成されたはんだ継手は、基板上に電子部品を搭載する際に、基板の電極に塗布されたペーストと電子部品の電極に形成されたはんだパンプが接合することによって形成される。

## 【0026】

また、本実施形態で用いる基板は、従来のプリント基板であり、例えば紙フェノールやガラス・エポキシ基板を用いることができる。電極には主にCu電極が用いられる。Niメッキなどが施されていてもよい。

40

## 【0027】

次に、各工程について詳述する。

2. 基板の電極に、電子部品の電極に形成したはんだ合金よりも融点の低いSn-Bi系はんだ合金を形成する工程

## (1) はんだ合金の形成方法

本実施形態のはんだ接合方法では、まず、基板の電極および電子部品の電極にはんだ合金を形成する。電子部品の電極にはリフロー温度で溶融しない高融点のはんだ合金を形成し、基板の電極には、リフロー温度で溶融するSn-Bi系低融点のはんだ合金を形成する。

50

## 【 0 0 2 8 】

具体的には、例えば、基板の電極上にマスクを配置し、スキージを移動させながらマスク上のペーストをマスクの開口部から基板の電極に塗布する。この他にも、吐出法やブリコートによりペーストを電極に供給してもよい。塗布厚は特に限定されず、0.05～0.2mmであればよい。はんだ合金粉末以外のペーストの成分は従来使用されているものでよく、特に限定されない。はんだペーストに用いるフラックスは、水溶性フラックスと非水溶性フラックスのいずれでもよい。典型的にはロジンベースの非水溶性フラックスであるロジン系フラックスが用いられる。

## 【 0 0 2 9 】

電子部品の電極には、電極の直径に応じて100～1000μmの直径を有するはんだボールを搭載してバンプを形成する。

10

## 【 0 0 3 0 】

## ( 2 ) 基板の電極に形成するはんだ合金の合金組成

本実施形態に用いる基板の電極には、電子部品の電極に形成されたはんだ合金よりも融点の低いSn-Bi系はんだ合金を形成する。このような低融点はんだ合金は、基板の熱的損傷を抑制するための低温接合の際に必須である。このように、本実施形態の基板側に用いるはんだ合金は、融点(液相線温度)が低い方がよく、150以下であることが望ましい。このようなSn-Bi系はんだ合金としては、Sn-Biはんだ合金、Sn-Bi-Cuはんだ合金、Sn-Bi-Niはんだ合金、Sn-Bi-Cu-Niはんだ合金、Sn-Bi-Agはんだ合金、およびSn-Bi-Sbはんだ合金の少なくとも1種が

20

## 【 0 0 3 1 】

Sn-Biはんだ合金にCuやNiを添加する場合、Cu:0.1～1.0%、Ni:0.01～0.1%であることが望ましい。また、これらのSn-Bi-Cuはんだ合金、Sn-Bi-Niはんだ合金、およびSn-Bi-Cu-Niはんだ合金は、はんだ継手の接合界面における金属間化合物の成長を抑制することができるため、本実施形態のように長時間の加熱を行っても優れた接続信頼性を維持することが可能となる。この他に、はんだ合金の融点が150以下となる範囲でAgやSbを含有してもよい。

## 【 0 0 3 2 】

また、これらの合金組成において、Bi含有量は30～80%であることが望ましい。Bi含有量が上記範囲内であれば、融点(固相線温度)が138で一定である。そのため、このようなBi含有量を有する合金が基板のはんだバンプに用いられることによって、加熱時に基板の電極に形成されたはんだ合金が溶融を開始し、電子部品の自重により電子部品のバンプが基板のバンプを押圧しながらはんだ継手を形成することができる。また、液相線温度を低温にシフトさせて加熱温度を下げ、電子部品や基板への熱的損傷をより低減する観点から、Bi含有量は、35～70%であることがより望ましく、53～61%であることが更に望ましい。

30

## 【 0 0 3 3 】

Sn-Bi系はんだ合金としては、共晶組成であるBi:58%、及び残部Sn合金が特に好ましい。この合金組成は共晶組成であるため、138以上の温度で液相になることから、低温で容易にはんだ継手を形成することができる。

40

## 【 0 0 3 4 】

## ( 3 ) 電子部品の電極に形成するはんだ合金の合金組成

電子部品の電極に形成されたはんだ合金は、例えば、Sn-Cuはんだ合金、Sn-Agはんだ合金、Sn-Ag-Cuはんだ合金、Sn-Ag-Cu-Niはんだ合金、Sn-Ag-Cu-Sbはんだ合金、およびSn-Ag-Cu-Ni-Sbはんだ合金の少なくとも1種であることが望ましい。

## 【 0 0 3 5 】

これらは、リフロー時に溶融しないような融点を示すことが好ましく、融点(固相線温度)が200以上であればよい。

50

## 【 0 0 3 6 】

## ( 4 ) 各はんだ合金の融点の温度差

基板の電極に形成されたはんだ合金の融点（液相線温度）と電子部品の電極に形成されたはんだ合金の融点（固相線温度）の温度差は30 以上であることが望ましい。30 以上であれば、温度制御の誤差を考慮しても電子部品の電極に形成されたはんだ合金が溶融することがない。融点の温度差は40 以上であることがより好ましく、50 以上であることが更に好ましい。なお、液相線温度や固相線温度は、例えば、D S Cを用いて測定することができる。

## 【 0 0 3 7 】

3 . 基板の電極に形成されたはんだ合金と電子部品の電極に形成されたはんだ合金が接触するように基板上に電子部品を搭載する工程 10

次に、基板の電極と電子部品の電極が接触するように基板上に電子部品を搭載する。パンプが形成された電子部品をフィーダーにより供給し、部品装着装置にて電子部品を基板に搭載する。部品装着装置の方式としては、例えば、ワンバイワン方式、インライン方式、マルチ方式などが挙げられる。

## 【 0 0 3 8 】

4 . ピーク加熱温度を150 ~ 180 とし、前記ピーク加熱温度の保持時間を60秒 超え150秒以下として基板を加熱する工程

## ( 1 ) ピーク加熱温度

電子部品を搭載した基板をリフロー炉に導入し、リフロー時のピーク加熱温度を150 ~ 180 とし、基板を加熱する。この温度域は、電子部品の電極に形成したはんだ合金の融点より低いことが望ましい。すなわち、この温度域は、基板の電極に形成したはんだ合金が溶融するとともに電子部品の電極に形成したはんだ合金が溶融しない温度域であることが望ましい。この温度域であれば、基板や電子部品の熱的損傷を防ぐことができる。また、加熱温度が低く抑えられていることから、基板、電子部品、およびはんだ合金の熱膨張率の差による影響が低減し、急冷時のはんだ継手への応力集中を抑制することが可能となる。 20

## 【 0 0 3 9 】

ピーク加熱温度が150 未満であると、B i相が偏析して微細組織が得られず、また、溶融拡散が不十分であるため、電極とはんだ合金との接合や、高融点とはんだ合金と低融点とはんだ合金の接合が完了せず、はんだ継手の破断を招くおそれがある。一方、ピーク加熱温度が180 を超えると、電子部品や基板への熱的損傷が懸念される。したがって、ピーク加熱温度は165 ~ 180 であることが好ましい。 30

## 【 0 0 4 0 】

## ( 2 ) 保持時間

ピーク加熱温度の保持時間は60秒超え150秒以下である。従来では、製造時間の短縮やコストの低減の観点から、保持時間がせいぜい40秒程度に抑えられていた。しかし、本実施形態では、はんだ継手の接続信頼性を向上させるため、従来ではむしろ避けられていたこのような長時間の加熱によって十分な溶融時間が確保されるために組織が均一化し、また、溶融拡散が十分に行われる。また、本実施形態のはんだ接合方法では、ピーク加熱温度が前述のように低く抑えられているため、保持時間を長くしても接合界面の金属間化合物層の成長を抑制するとともにはんだ合金の結晶粒径を微細にすることができる。その結果、優れた接続信頼性が得られる。 40

## 【 0 0 4 1 】

保持時間が60秒以下では、凝固時にB i相が偏析し、また、溶融拡散が不十分であるために接合が完了しない。このため、後述のように冷却速度が速いと基板、電子部品、およびはんだ合金の熱膨張係数の差によりはんだ継手が破断する。一方、保持時間が150秒を超えると製造時間が長くなりすぎるために好ましくない。ピーク加熱温度の保持時間は、確実に溶融拡散させ、かつ生産性を損なわない観点から90 ~ 120秒であることがより好ましい。 50

## 【0042】

なお、ペースト中の溶剤を除去するため、基板をリフロー炉に導入する前に、50～100の範囲の温度で予備加熱を行ってもよい。

## 【0043】

5. 加熱後の冷却速度を3 /秒以上として基板を冷却してはんだ継手を形成する工程加熱後の冷却速度が3 /秒以上の範囲になるように基板を加熱温度から室温まで冷却する。従来では、リフロー後の冷却は空冷で行われており、概ね1 /秒程度の冷却速度である。これは、基板、電子部品、はんだ合金の熱膨張係数の違いによるはんだ継手への応力集中を避けるためである。しかし、本実施形態では、リフロー炉に冷却手段を別途設けて基板の冷却速度を上げることによって、接合界面の金属間化合物層の成長を抑制するとともにSn-Bi系低融点はんだ合金中のBi相が微細になり、接合界面および結晶界面への応力集中を抑制して優れた接続信頼性を確保することができる。また、加熱温度を下けているため、加熱後に急冷しても、そもそも基板の熱膨張差による残留応力が低減されており、はんだ継手の優れた接続信頼性を維持することができる。

10

## 【0044】

冷却速度が3 /秒未満であると、冷却までに時間を要するため、金属間化合物層が成長するとともにBi相が粗大になる。一方、冷却速度の上限は冷却設備の観点から7 /秒以下であることが好ましく、5 /秒以下であることがより好ましく、4 /秒以下であることが更に好ましい。

## 【0045】

冷却速度を上げる手段としては特に限定されることはなく、コンプレッサなどを用いて冷風にて基板を冷却したり、冷却媒体を基板に押し当てて冷却してもよいが、安定した冷却速度を確保する観点から、コンプレッサを用いた冷却が好ましい。

20

## 【0046】

本実施形態に係るはんだ接合方法は、従来よりも低温で接合するために基板や電子部品の損傷を抑えることができる。また、リフロー炉の発熱体の損傷も抑えることができるため、コストの低減を図ることができる。

## 【0047】

## 6. はんだ継手

本実施形態に係るはんだ接合方法で形成したはんだ継手では、その断面を観察した時に、基板電極側の任意の領域において、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数が占める割合は、平均で60%以上であることが望ましい。本実施形態では、低融点はんだ合金の組織に着目し、前述のように加熱条件および冷却条件を所定の範囲に設定してはんだ合金の組織を制御することによって、従来では達成されなかった優れた接続信頼性を実現することができる。このためには、低融点はんだ合金にとって必須であるBi相の面積に着目する必要がある。すなわち、はんだ継手の断面を観察した時に、面積が小さく微細なBi相の数が、面積が大きく粗大なBi相の数に対して多く存在すれば、微細なBi相が多数存在することになるため、組織の微細化が図られていることになる。

30

## 【0048】

したがって、Bi相の微細化を達成した本実施形態では、大きな応力が加えられても応力が分散されるため、熱膨張率が大きく異なる基板や電子部品を用いたとしても破断しない程度にまで応力を緩和することができる。

40

## 【0049】

このような効果を発揮することができるはんだ継手は、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相を多数有する合金組織である必要がある。上記効果がより十分に発揮されるようにするため、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数が占める割合は、平均で、60%以上であることが望ましく、65%以上であることがさらに望ましい。

## 【0050】

50

また、本実施形態のはんだ継手は、電極との接合界面近傍に3～5 μmの金属間化合物層を有していてもよい。

#### 【実施例】

##### 【0051】

###### 1. はんだ継手の形成

基板のCu電極に形成するはんだ合金組成と加熱条件および冷却条件を表1に示す。本実施例で用いた基板はFR-4のガラス・エポキシ基板であり、電極径が325 μm、一辺の長さが105 mm、板厚が0.8 mmである。これに、電極径が450 μm、一辺の長さが20 mmのCu電極を備える電子部品(BGA)を搭載した。BGA(表1では「Device」と称する。)の電極に形成したはんだ合金の合金組成は表1に示すようにSAC405(Sn-4Ag-0.5Cu(Ag:4%、Cu:0.5%、残部Sn)、固相線温度:217 )であり、直径が290 μmのはんだボールを用いてはんだパンプを形成した。基板の電極に形成したはんだ合金の合金組成は表1に示した通りである。表1の「合金組成」欄に記載した合金組成において、元素の前に記載した数字は含有量(質量%)を表し、Bi、Cu、Ni以外の残部はSnであることを表す。また、基板側のはんだ合金の液相線温度はいずれもBGA側の固相線温度より低いことをDSCにて確認した。Sn-58Biの液相線温度は141 であり、Sn-35Bi-0.5Cu-0.03Niの液相線温度は184 であり、Sn-70Bi-0.5Cu-0.03Niの液相線温度は180 であった。固相線温度および液相線温度は、ティー・エイ・インストルメント・ジャパン株式会社製のDSC(型番:Q2000)により、大気中で5 / minで昇温して得られたDSC曲線から求めた。

##### 【0052】

この合金組成のはんだ合金粉末を含有するはんだペーストを基板の電極上に100 μm塗布した。その後、表1に示す条件で基板を加熱および冷却して、厚さが200 μmのはんだ継手を形成した。加熱温度および冷却速度は基板に熱電対を取りつけて測定した。

##### 【0053】

はんだ合金の冷却方法として、実施例と比較例5～6では加熱後の基板の、BGAを搭載している面とは反対側の面を保冷剤に押し付けて急冷し、比較例1～4では基板を大気中で冷却した。冷却速度は、熱電対を基板に当接し室温に冷却されるまでの温度と時間を測定して求めた値である。

##### 【0054】

###### 2. はんだ継手の破断面観察

形成したはんだ継手の破断面を走査型電子顕微鏡(日本電子株式会社製:JSM-5600LV)にて観察モードをBEIとして1000倍のSEM写真を撮影した。はんだ継手の接合界面近傍領域から任意に128 μm×96 μmの3領域を選択し、その3か所のBi相の面積を求めた。Bi相の面積は、SEM写真において、1ドットが0.04 μm<sup>2</sup>であり、2ドットまでをノイズとし、3ドットである0.12 μm<sup>2</sup>以上の白い部分をBi相と判定して求めた。求めたBi相の面積のうち、0.5 μm<sup>2</sup>以下の面積を有するものが微細化したBi相であるとした。各領域で5 μm<sup>2</sup>以下の面積を有するBi相の個数のうち、0.5 μm<sup>2</sup>以下の面積を有するBi相の個数の占める割合を計測し、各々の平均値を求めた。

##### 【0055】

###### 3. 接続信頼性試験

上記1.のようにはんだ継手が形成された実装基板を用い、BGAの4隅に歪ゲージを貼り付けその歪量を常時モニターしながら繰り返し曲げ試験を行った。曲げ試験の結果を評価するため、BGAと基板との間の接合インピーダンス( )を測定し、そのインピーダンスが初期値から10%以上増加した時点のサイクル数を計測した。

##### 【0056】

使用した電子部品(BGA)を搭載した実装基板においては歪量1000 μStrainにおける曲げ回数が100,000サイクルを最大曲げサイクル数とし、それを達成し

10

20

30

40

50

た場合には、製品に用いても問題ないと判断できるため、評価を「○」とした。100,000サイクルに満たない場合、評価を「×」とした。尚、曲げ試験に関しては“IPC/JEDEC-9707 Spherical Bend Test Method for board level Interconnects”に基づいて行った。  
【0057】

上記により測定した結果を表1に示す。

【0058】

【表 1】

	合金組成		Peak		Cooling	微細化度				Bending test result
	Device	Paste	Temp	Keep		ハンパ1	ハンパ2	ハンパ3	平均	
実施例1	SAC405	Sn-35Bi-0.5Cu-0.03Ni	180	120	4	64.5	61.0	59.7	62	○
実施例2	SAC405	Sn-58Bi	180	120	4	65.4	58.1	55.3	60	○
実施例3	SAC405	Sn-70Bi-0.5Cu-0.03Ni	180	120	4	65.8	58.4	57.9	61	○
実施例4	SAC405	Sn-58Bi	165	120	4	62.7	64.8	61.4	63	○
実施例5	SAC405	Sn-58Bi	150	120	4	64.6	66.4	60.9	64	○
実施例6	SAC405	Sn-58Bi	180	120	3	60.5	67.8	67.6	65	○
実施例7	SAC405	Sn-58Bi	180	120	7	73.8	73.5	71.5	73	○
実施例8	SAC405	Sn-58Bi	180	150	4	72.3	73.3	66.7	71	○
比較例1	SAC405	Sn-35Bi-0.5Cu-0.03Ni	180	30	1	52.7	50.1	45.8	50	x
比較例2	SAC405	Sn-58Bi	180	30	1	49.2	46.6	34.2	43	x
比較例3	SAC405	Sn-70Bi-0.5Cu-0.03Ni	180	30	1	53.7	50.2	43.6	49	x
比較例4	SAC405	Sn-58Bi	180	120	1	58.1	46.3	56.9	54	x
比較例5	SAC405	Sn-58Bi	180	30	4	47.4	43.6	47.0	46	x
比較例6	SAC405	Sn-58Bi	180	60	4	58.0	60.2	59.7	59	x

【0059】

表1から明らかなように、実施例のリフロープロファイルで形成したはんだ継手は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の占める割合が平均で60%以上の結果を示した。これは、加熱後の急冷によりBi相の微細化が十分に行われたことを表す。上記3.の繰り返し曲げ試験では、最大曲げサイクル数である100,000サイクルを達成する結果が得られた。

10

20

30

40

50

## 【0060】

一方、比較例の条件で形成したはんだ継手は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の占める割合が平均で60%を下回る結果しか得られなかった。上記3.の接続信頼性試験では、いずれの組成も100,000サイクルに到達しない時点で早期にインピーダンスが10%以上増加しサイクル数を達成しなかった。

## 【0061】

比較例1~4では、冷却速度が遅くBi相の微細化が不十分であるため、サイクル数が少なかった。比較例5および比較例6は、加熱保持時間が短いためBi相が偏析して微細化度が低く、サイクル数が少なかった。

10

## 【0062】

表1の結果の一部を抽出して図1に示す。図1は、加熱後の温度プロファイルを変えた場合における、はんだ継手中のBi含有量と、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の占める割合との関係を示すグラフである。図1の縦軸は、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数のうち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の占める割合であり、横軸は基板の電極に形成されたはんだ合金中のBi含有量を示す。具体的な合金組成は、「35Bi」がSn-35Bi-0.5Cu-0.03Ni（実施例1および比較例1で用いた組成）であり、「58Bi」がSn-58Bi（実施例2および比較例2で用いた組成）であり、「70Bi」がSn-70Bi-0.5Cu-0.03Ni（実施例3および比較例3で用いた組成）である。また、「sight1」、「sight2」、「sight3」ははんだ継手の破断面から選択した任意の3領域を表し、「Ave.」は各合金組成での値の平均を表す。図1に示すように、本実施例では、リフロープロファイルの適正化を図ることによって、はんだ合金組成によらず、 $5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の平均うち、 $0.5\mu\text{m}^2$ 以下の面積を有するBi相の個数の平均の占める割合が高い数値を示すことがわかる。

20

## 【0063】

また、上記のように形成したはんだ継手の破断面写真を示す。図2は、基板の電極に形成されたはんだ合金の合金組成とリフロー時の温度プロファイルとを変更して得られたはんだ継手における、各はんだ継手の破断面SEM写真を示し、図2(a)は、比較例1の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(b)は、実施例1の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(c)は、比較例2の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(d)は、実施例2の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(e)は、比較例3の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真であり、図2(f)は、実施例3の条件で形成したはんだ継手の破断面SEM写真である。

30

## 【0064】

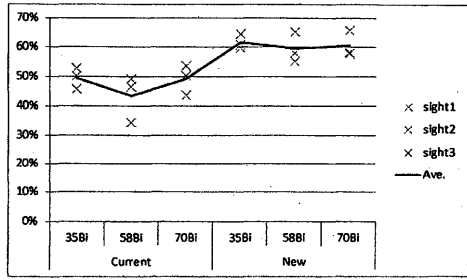
図2中、白い部分がBi相である。図2(b)、(d)および(f)に示すように、リフロープロファイルの適正化が図られた実施例1~3では、Bi相の微細化を確認することができる。一方、図2(a)、(c)および(e)に示すように、比較例1~3ではBi相の面積が大きく実施例1~3と比較して全体的に粗大であることがわかる。上記以外の実施例および比較例でも同様の結果が得られた。このように、実施例1~3では、はんだ継手を構成するはんだ合金の組織が微細になり応力が緩和されることによって、繰り返し曲げ試験において100,000サイクルを超える結果が得られたと考えられる。

40

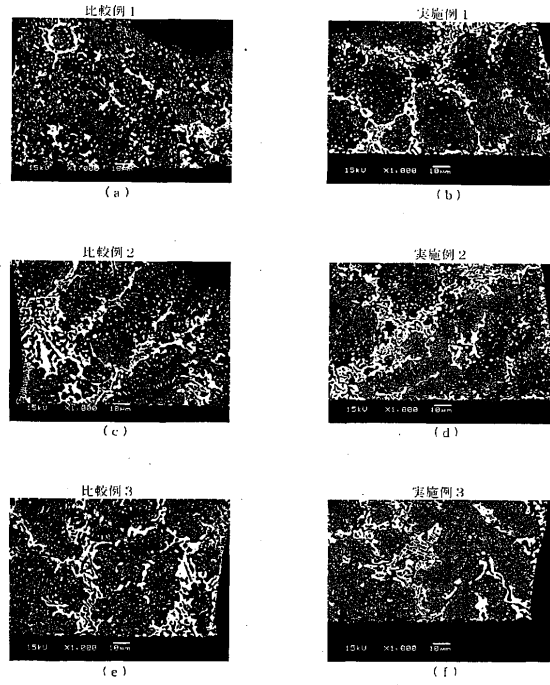
## 【0065】

以上のように、本実施形態に係るはんだ接合方法ではんだ継手を形成することによって、基板や電子部品の熱的損傷を低減し、優れた接続信頼性を示すことができる。

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 2 C 13/00 (2006.01) B 2 3 K 35/26 3 1 0 A  
C 2 2 C 13/02  
C 2 2 C 12/00  
C 2 2 C 13/00

(72)発明者 小菅 正  
神奈川県横浜市西区みなとみらい3丁目6番1号 レノボ・ジャパン株式会社 横浜事業所内

審査官 小池 英敏

(56)参考文献 特開2015-149418(JP,A)  
特開2009-010300(JP,A)  
特開平08-150493(JP,A)  
特開2000-307228(JP,A)  
特開2016-043408(JP,A)  
特開2016-083695(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 L 2 1 / 6 0  
C 2 2 C 1 2 / 0 0  
C 2 2 C 1 3 / 0 0  
C 2 2 C 1 3 / 0 2  
H 0 5 K 3 / 3 4