

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3800977号
(P3800977)

(45) 発行日 平成18年7月26日(2006.7.26)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int. Cl.	F I
B23K 35/28 (2006.01)	B23K 35/28 310D
C22C 18/02 (2006.01)	C22C 18/02
H05K 3/34 (2006.01)	H05K 3/34 512C

請求項の数 22 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-112157 (P2001-112157)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成13年4月11日(2001.4.11)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2002-307188 (P2002-307188A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成14年10月22日(2002.10.22)	(74) 代理人	100075096
審査請求日	平成16年8月23日(2004.8.23)		弁理士 作田 康夫
		(72) 発明者	曾我 太佐男
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	石田 寿治
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	三浦 一真
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Zn-AI系はんだを用いた製品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子部品と前記電子部品が実装される基板を有する電子機器であって、
前記電子部品と前記実装基板との間の接続部は、
Al粒子と重量%で「Al:3~7wt%、Mg:0.5~6wt%、Ge:1~5wt%、残Znからなる」合金とからなるPbフリーはんだ接続部であり、
かつ前記Al粒子同士は前記合金で連結されていることを特徴とする電子機器。

【請求項2】

電子部品と前記電子部品が実装される基板を有する電子機器であって、
前記電子部品と前記実装基板との間の接続部は、
Cu粒子と重量%で「Al:3~7wt%、Mg:0.5~6wt%、Ge:1~5wt%、残Znからなる」合金とからなるPbフリーはんだ接続部であり、
かつ前記Cu粒子同士は前記合金で連結されていることを特徴とする電子機器。

【請求項3】

請求項1記載の電子機器であって、
前記Al粒子の表面は少なくともNi、Cu、Ag、Sn、Auのいずれかでめっきされていることを特徴とする電子機器。

【請求項4】

請求項2記載の電子機器であって、
前記Cu粒子の表面は少なくともNi、Cu、Ag、Sn、Auのいずれかでめっきされていることを

特徴とする電子機器。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電子機器であって、さらに前記Pbフリーはんだ接続部はプラスチックの粒子を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 6】

請求項 5 記載の電子機器であって、前記プラスチックは、ポリイミド系、耐熱エポキシ系、シリコン系、各種ポリマービーズもしくはこれらを変成したもの、もしくはこれらを混合したものであることを特徴とする電子機器。

10

【請求項 7】

請求項 1 記載の電子機器であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Al粒子以外に少なくともSnまたはInの粒子を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 8】

請求項 2 記載の電子機器であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Cu粒子以外に少なくともSnまたはInの粒子を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 9】

請求項 1 記載の電子機器であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Al粒子以外にインバー系、シリカ、アルミナ、AINまたはSiCの粒子を有することを特徴とする電子機器。

20

【請求項 10】

請求項 2 記載の電子機器であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Cu粒子以外にインバー系、シリカ、アルミナ、AINまたはSiCの粒子を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の電子機器であって、前記Zn-Al-Mg-Ge系合金は、 $Zn-4wt\%Al-3wt\%Mg-4wt\%Ge$ であることを特徴とする電子機器。

【請求項 12】

半導体チップの電極と前記半導体チップが実装される基板のリードが金線を介して電氣的に接続されている半導体装置であって、前記半導体チップと前記基板との間の接続部は、Al粒子と重量%で「Al:3~7wt%、Mg:0.5~6wt%、Ge:1~5wt%、残Znからなる」合金とからなるPbフリーはんだ接続部であり、かつ前記Al粒子同士は前記合金で連結されていることを特徴とする半導体装置。

30

【請求項 13】

半導体チップの電極と前記半導体チップが実装される基板のリードが金線を介して電氣的に接続されている半導体装置であって、前記半導体チップと前記基板との間の接続部は、Cu粒子と重量%で「Al:3~7wt%、Mg:0.5~6wt%、Ge:1~5wt%、残Znからなる」合金とからなるPbフリーはんだ接続部であり、かつ前記Cu粒子同士は前記合金で連結されていることを特徴とする半導体装置。

40

【請求項 14】

請求項 12 記載の半導体装置であって、前記Al粒子の表面は少なくともNi、Cu、Ag、Sn、Auのいずれかでめっきされていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 15】

請求項 13 記載の半導体装置であって、前記Cu粒子の表面は少なくともNi、Cu、Ag、Sn、Auのいずれかでめっきされていることを

50

特徴とする半導体装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 乃至 1 5 のいずれかに記載の半導体装置であって、さらに前記Pbフリーはんだ接続部はプラスチックの粒子を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載の半導体装置であって、前記プラスチックは、ポリイミド系、耐熱エポキシ系、シリコン系、各種ポリマービーズもしくはこれらを変成したもの、もしくはこれらを混合したものであることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 1 8】

請求項 1 2 記載の半導体装置であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Al粒子以外に少なくともSnまたはInの粒子を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 3 記載の半導体装置であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Cu粒子以外に少なくともSnまたはInの粒子を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 2 記載の半導体装置であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Al粒子以外にインバー系、シリカ、アルミナ、AINまたはSiCの粒子を有することを特徴とする半導体装置。

20

【請求項 2 1】

請求項 1 3 記載の半導体装置であって、前記Pbフリーはんだ接続部は前記Cu粒子以外にインバー系、シリカ、アルミナ、AINまたはSiCの粒子を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2 2】

請求項 1 2 乃至 2 1 のいずれかに記載の半導体装置であって、前記Zn-Al-Mg-Ge系合金は、 $Zn-4wt\%Al-3wt\%Mg-4wt\%Ge$ であることを特徴とする半導体装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

Sn-Ag-Cu系Pbフリーはんだに対する高温側の温度階層可能なPbフリーはんだで、かつ、圧延加工性に優れる耐熱疲労性はんだ及びそれを用いた製品に関する。

【0002】

【従来の技術】

Sn-Pb系はんだにおいては、高温系はんだとしてPbリッチのPb-5Sn(融点：314～310)、Pb-10Sn(融点：302～275)等を330 近傍の温度ではんだ付けし、その後、このはんだ付け部を溶かさないうで、低温系はんだのSn-37Pb共晶(融点：183)で接続する温度階層接続が可能であった。これらのはんだは、柔軟で変形性に富み、このため破壊し易いSiチップ等を熱膨張係数の異なる基板に接合したり、構造用にも使用することができた。このような温度階層接続は、チップをダイボンドするタイプの半導体装置や、チップをフリップチップ接続するBGA、CSPなどの半導体装置などに主に適用されている。即ち、半導体装置内部で使用するはんだと、半導体装置自身を基板に接続するはんだとは温度階層接続されていることを意味する。他方、パワーモジュール等の高温で使用される接続等にも使用されている。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

現在、あらゆる分野において鉛フリー化が進んでいる。

50

【0004】

Pbフリーはんだの主流はSn-Ag共晶系(融点:221)、Sn-Ag-Cu共晶系(融点:221~217)、Sn-Cu共晶系(融点:227)になるが、表面実装におけるはんだ付け温度は部品の耐熱性から低いことが望ましいが、信頼性確保のためぬれ性を確保する必要性から、均熱制御に優れた炉を用いても、基板内の温度ばらつきを考慮すると、一番低い温度で接続可能なはんだはSn-Ag-Cu共晶系で、はんだ付け温度はmax235~250くらいが実情である。従って、このはんだ付け温度に耐えられるはんだとしては、融点が少なくとも260以上である必要がある。現状で、これらはんだと組合せて使用できる高温側の温度階層用の柔軟なPbフリーはんだはない。最も可能性のある組成として、Sn-5Sb(融点:240~232)はあるが、溶けてしまうので温度階層用にはならない。

10

【0005】

また、高温系のはんだとしてAu-20Sn(融点:280)は知られているが、硬く、コスト高のために使用が狭い範囲に限定される。特に、熱膨張係数の異なる材料へのSiチップの接続、大型チップの接続では、Au-20Snはんだは硬いため、Siチップを破壊させる可能性が高いため使用されていない。

【0006】

本発明は大面積の接合、例えばSiのダイボンド、パワーモジュール接合に適した材料系、方式、構造の提案であり、大面積故に、はんだで変形してくれる柔らかく、耐熱疲労性を有し、ポイドレス化が要求されている。更に、これらの接続にフラックスレス接続が可能であることも要求されている。

20

【0007】

本発明の目的は、はんだ接続部のPbフリー化を図るとともに、その接続信頼性に優れた半導体装置、電子機器等の提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、特許請求の範囲の通りに構成したものである。

【0009】

ところで、温度階層接続を考えると、既に接続した高温側のはんだは、一部が、再溶融しても、他の残りの部分が溶融しなければ、後付けのはんだ接続時のプロセスに耐えられるのが大部分と考えられる。即ち、260のリフロー条件に耐えられる接続強度を有することが必要条件である。そこで、我々は、高温系の有力なはんだとし、低コストのZn-Al系はんだに注目し、この短所の改良、改質を検討した。高温系はんだとしては、パワーモジュールに使用されるものの中には250以上の融点を有し、かつ、一部でも溶けないことを要求する厳しい製品分野もある。このため、260以上でも溶けない系、及び、一部が溶けても260以上でも強度を有するもの等の仕様に対するはんだを用意した。

30

【0010】

Zn-Al系はんだは短所が多いので、短所の課題をクリアする必要がある。Zn-5Al共晶はんだの融点が382と高いため、特に300近くの比較的低温ではんだ付けは難しく、この場合は、一部が溶けても260以上で強度を確保する組成となる。以下、要求される主要な課題を取り上げ、解決手段を示す。

40

【0011】

まず、(1) Zn-Al系はんだの融点を300レベルに下げること。次に、(2) 箔として使う場合が多いので、圧延加工が可能であること。更に、異種材料の接合が多いので温度サイクル試験等で(3) 耐熱疲労性があると同時に、(4) はんだ自体が柔軟性を有すること。(5) 箔の状態でポイドがないこと。(6) 耐酸化防止(N₂中ではんだ付け)が可能であること。(7) 耐食性に優れること。これらの条件をクリアすることが温度階層接続に求められている必要条件である。

【0012】

そこで、(1) のZn-Al系はんだの融点を300レベルに下げて、かつ、(2) の圧延性にも優れる組成を検討した。Zn-5Alは382の共晶はんだであるが、融点が高すぎ、酸化の

50

問題がある。即ち、Zn-Al系はんだにMgとGeを同時に加えることで、融点をおある程度に下げられ、かつ、圧延性を確保し、耐酸化性を向上させることができる。Mgは粒界腐食防止に効果があり、融点を下げるが、余り入れ過ぎると脆くなる。Zn-5Al-Mgでは圧延加工はできない。Zn-5Al-MgにGeを入れることで圧延加工が可能になることが分かった。即ち、圧延加工にはGeは必要な元素である。Zn-5Al-Geだけでは加工性は良いが、融点は余り下がらず、粒界腐食の課題がある。従って、MgとGeを同時に入れることが重要である。これでも融点は余り下がらないので、更にSn、In、Gaを入れることで、液相線温度は余り下がらないが、はんだ付け温度は下がり、330 近くでののはんだ付けが可能になる。Sn、Inを多く入れることで、よりはんだ付け性は良くなる。但し、Snを多く入れた場合、Sn-Znの低温の固相線(約197)が現れる。また、Inの場合も同様、In-Znの低温の固相線(約144)が現れる。しかし、一部が溶けても高温で強度を保持できれば問題にならない場合が多い。従って、低温の比較的柔らかい相を分散させることにより、限りなく300 近くで接続できて、高温での(通常はSn-3Ag-0.5Cuの場合、リフロー温度:max250)強度を確保することが可能である。

10

【0013】

次に、(3)耐熱疲労性向上と、(4)はんだ自体が柔軟性であることは同時に達成されることが多い。即ち、Zn-Al-Mg-Geだけでは強度が高く剛性が大で、加工性はあっても、硬くはんだ自体の変形性に乏しいので、大きなSiチップなどはチップ破壊を起こす恐れがある。そこで、柔らかいIn、Snを多くいれて変形性を向上させたり、融点が高く柔らかい純Alの粒子を分散させて、全体を柔らかくして、継手に作用する応力を低減させることで耐熱疲労性を向上させることができる。Alをはんだ中に分散させるには全て粒子状にして、混合して分散させ、不活性雰囲気、もしくは還元性雰囲気の静圧下で成形、焼結させて、更に、圧延して箔をつくる。Zn-Al-Mg-GeボールとAlボールを室温で不活性雰囲気中で混合した後、静圧下で高温で成形すると、Alが「島」で、融点の低いZn-Al-Mg-Geが柔らかくなり、「海」の構造になる。接合に関係するZn-Al-Mg-Geが「海」である必要がある。柔らかいAlがはんだの中で均一に分散することで熱衝撃を緩和させたり、作用する応力を低減させることで耐熱疲労性を向上させることができる。なお、Al表面にNi/Auめっき(Niは0.1~0.5 μm 、Au:0.1 μm と薄くして、Niがはんだに食われても良い。Niの皮膜が厚いとAlの変形機能を損ねる)、Agめっき等を薄く施すことでZn-Al-Mg-Geはんだとの接合を強くすることができる。

20

30

【0014】

更に、柔らかくする手段として、Auめっきを施した微細プラスチックボールを分散させる方法がある。また、はんだにぬれるメタライズを施した、もしくはその上にSn系はんだめっきを施した低熱膨張ボール等を分散混入することで、低応力化により耐熱疲労性を向上させることも可能である。なお、(5)箔の状態ではポイドをなくすには真空中で焼結すると効果がある。真空中で処理しなくても、3%以下のポイド率に抑えることができる。(6)耐酸化防止については、Zn-Al-Mg-Ge系は N_2 雰囲気でダイボンドにより、接続することができる。また、(7)耐食性については同系であれば、厳しい高温高湿試験条件(85 ,85%RH,1000h)をクリアする。

【0015】

40

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0016】

(実施例1)

Zn-4AlにInをいれて、圧延性を検討したが圧延できなかった。また、Zn-4AlにMgを入れても圧延できないことが分かった。しかし、この系にGeをおある程度入れることで、圧延が可能になることが分かった。そこで、圧延可能な代表組成として、Zn-4Al-3Mg-4Geの応用を検討した。260 以上での高温での高信頼性が要求されるパワーモジュール等を対象とするはんだ材として、Zn-4Al-3Mg-4GeボールとAlボールとを混合して作製した圧延箔を検討した。図1はZn-4Al-3Mg-4Ge(融点:342~375 、硬さHv106)ボールと純Al(99.99%,硬さ

50

Hv17)で作る複合体金属の製作工程の概略を示し、(a)は真空ホットプレスのカーボン治具 1 中にAlボール 2 とZn-4Al-3Mg-4Ge ボール 3 を入れた状態で、(b)は真空ホットプレス後のはんだが塑性流動した後の複合体金属塊の断面形状モデルで、Zn-4Al-3Mg-4Ge ボールはZn-4Al-3Mg-4Geの「海」4 に変形する。(c)は複合ボール塊を更にロール 5 で圧延し、はんだ箔を作製しているモデルである。なお、MgのないZn-6Al-5Ge、Zn-20Al-3.5Geについても同様に圧延可能である。この系の圧延性はMg入りよりも優れる長所があるので、Alを多く含んだ系でも圧延が可能である。

【0017】

10~20 μm のZn-4Al-3Mg-4Ge ボールと約10 μm のAlボールとを体積比でZn-4Al-3Mg-4Ge ボールは約60vol%になるように配合した。Alボールに対しては更に微細粒を入れて、最密充填配合することによりAlボールの充填率を上げることは可能である。なお、Alボールは粒子径が大きいと、継手のフィレット表面の凹凸が目立つので、望ましくはAl粒径として5 μm 前後が望ましい。なお、最密充填ならば理論上Alの体積比率は約74%になり、はんだは26%になる。これらのボールはAr雰囲気中で混合され、カーボン治具でできた成形(3ton/ cm^2)容器の中に入れる。真空引きした後、Ar雰囲気中で200 以上(Zn-4Al-3Mg-4Geの融点は342~375 であるが、250 になると硬さがHv7程度になる)で時間をかけて周囲から均一に圧力をかけていくと、Zn-4Al-3Mg-4Ge が主に塑性変形しながらAlボール間の隙間を埋めていく。このホットプレスで作った複合はんだ塊は、150 μm 厚さのはんだ箔作製を目的としているので、それに近い薄い形状の型に予めしておくことが圧延率を下げられることから望ましい。

【0018】

このようにして作った箔で、Alボールが露出する場合、Al表面もしくは箔表面にNi/Snめっき、もしくはSnめっきを施すことで、露出部の酸化を防止することも可能である。

【0019】

(実施例2)

図2はAlボール2とZn-4Al-3Mg-4Ge ボール3以外に更に低ヤング率化するため、軟らかい弾性体であるメタライズした(無電解Niめっき-Auめっき、Auめっき、もしくは無電解Niめっき-はんだめっき)プラスチックボール(ゴム)6を分散させた状態の圧延前(a)、と圧延後(b)を示す。なお、プラスチックボールのめっき膜は変形に対応できる柔らかいAu、Ag、Al等が望ましく、めっき膜が高温時に破壊しても該プラスチックボールがはんだ内部に入っている限り、ゴムとしての機能を果たすことができる。樹脂ボール径は理想的には10 μm 以下、望ましくは1 μm レベルが望ましい。配合量としては体積で数%でも効果がある。

【0020】

Zn-4Al-3Mg-4Ge の場合、還元性、不活性雰囲気ではAlに対してはぬれるので、Al表面へのメタライズは特に必要としない。しかし、より接合強度を確保するにはNi/Auめっき、もしくはNi/Snめっき等を施すことは効果がある。また、Al表面にスパッター等で薄くAuもしくはAg等を被覆しても良い。Zn-4Al-3Mg-4Ge は低温では硬いので、Alは球状であることが接触摩擦等によるエネルギー損出もスムーズで衝撃、振動に対して、減衰性が増して好ましい。Al粒子は窒素中でアトマイズ法などで低コストで多量に製造することが可能である。Alボールの代替として、融点が高く比較的柔らかいCu、Ag、Auボールの場合も同様に可能である。

【0021】

(実施例3)

Zn-Al系で圧延可能な組み合わせとして、Zn-Al-Mg-Ga(例; Zn-4Al-3Mg-3Ga)、Zn-Al-Ge(例; Zn-6Al-5Ge, Zn-20Al-3Ge)、Zn-Al-Ge-Ga(例; Zn-6Al-5Ge-3Ga)、Zn-Al-Mg-Ge(例; Zn-4Al-3Mg-4Ge)、Zn-Al-Mg-Ge-Ga(例; Zn-4Al-1Mg-2Ge-3Ga)、更にはこれらにSn、In、Ag、Cu、Au、Ni、Pd等のいずれか一つ以上を含有したものがある。Zn-Al系は酸化が激しいこと、はんだの剛性が高いこと等のため、Siを接合した場合Siチップに割れを起こす恐れが指摘されている(清水他:「ダイアタッチ向けPbフリーはんだ用Zn-Al-Mg-Ga合金」Mat

10

20

30

40

50

e99,1999-2)。

【0022】

これらの課題をクリアする必要から、はんだの剛性を下げるために、Ni-Snめっき、もしくはAuめっきした耐熱性のプラスチックボールをこれらのZn-Al系ボールの中に均一に分散させて、ヤング率の低減を図った。圧延性と粒界腐食を考慮すると、はんだボールとしてMg、Ge系のZn-Al-Mg-Ge、Zn-Al-Mg-Ge-Ga系に絞られてくる。この分散粒子はこのZn-Al系ボールに比べ、小さく均一に分散させることが望ましい。変形時に柔らかい弾性を有する1 μ mレベルのプラスチックボールが変形することにより、熱衝撃緩和、機械的衝撃緩和の効果は大である。Zn-Al系はんだボールのなかにゴムが分散されて、ヤング率を低減させる。Zn-Al系はんだのボール間にプラスチックボールがほぼ均一に入るので、短時間の溶解ではこの分散は大きくくずれない。

10

【0023】

これらの粒子を分散して予め箔に圧延し易い形状の容器に入れ、真空中でホットプレスで成型する。成型時にSnめっきしたプラスチックボール上のめっきが溶けない温度(Snの融点:232)で均等に圧縮させ、塑性流動させる。220 μ mレベルならばZn-Al系ボールはHv8と柔らかくなるので、容易に変形する。均一な圧縮により空間をプラスチックボール、はんだ等で均一に充填した塊を約150 μ mに圧延し、複合はんだ箔を作製する。ダイボンドで使用するときは、ロールに巻いて連続工程で供給することができる。

【0024】

Zn-Al系はんだは酸化され易いので、保管時のことも考慮すると、表面にSnめっきを施すことが望ましい。このSnはダイボンド時にZn-Al系はんだに溶解することで、例えば、Cuステム上のNi-Auめっき上への接続が容易である。Siチップ側も例えば、Cr-Ni-Agメタライズに対しても同様に容易に接合できる。

20

【0025】

なお、プラスチックボール以外に更にSnボールもしくはInボールを10~30%混入することでZn-Al系はんだ間にSnもしくはIn層が入り込み、一部はZn-Al系ボール同士が接合されるが、他の部分は主に低温の柔らかいSn-Zn、In-Zn相等の析出、溶解しないSn、Inの存在で、変形はこのSn、In、Sn-Zn、In-Zn相とプラスチックボールのゴムが分担する。ダイボンド後も一部Sn、In層の存在により、変形をSn、Inが吸収することができる。また、プラスチックボールもSn、In層との複合作用により、更に剛性を緩和することが期待できる。なお、この場合も、Zn-Al系はんだの固相線温度は280以上を確保しているため、高温での強度上の問題は無い。但し、この系は比較的低温での階層接続用であり、リフロー時にはSn、In、Sn-Zn、In-Zn相は再溶解する。

30

【0026】

(実施例4)

図3は上記はんだ箔11を用いたダイボンドプロセスの一例を示す。例えば、Zn-4Al-2Mg-3Ge-1Ag-10Sn、Alボール、若干のSnボール、はんだめっきプラスチックボールを混合して作製した箔を、Sn(0.5 μ m)めっきを施し、Ni(3 μ m)-Au(0.1 μ m)を施したCuステム13上に載せ、Cr-Ni-Ag38を施したSiチップを真空吸引9させ、パルス電流の抵抗加熱体ツール7に5mmのSiチップ8を吸着させ、4mm \times t0.15の該はんだ箔11を加圧(初期に2kgf)すると同時に、max 400 $^{\circ}$ Cで、10秒間保持した。温度測定用熱電対16はツールのチップが接触する近くに埋め込んである。その間、はんだ箔は温度が上昇し、融点に達するとすると瞬時に溶けるので、はんだのつぶれ防止のため、ツールははんだ箔を加圧した時の位置から、20 μ m下がった位置で保持された状態で加熱される仕組みになっている。基板側のステムの予熱15は約200 $^{\circ}$ Cで、ステム上のはんだ箔の酸化を防止するため、局所的に周囲から窒素10を吹き付ける機構とした。また、Siチップを吸着9するツール周囲にも窒素10がでて、常に接合部が50~100ppmレベルの酸素純度に保たれる工夫をした。なお、この箔を用いて、水素炉もしくは不活性雰囲気炉でmax380 $^{\circ}$ C前後でパワーモジュール等をリフロー接続することが可能である。

40

【0027】

50

図4はCuステム上にSiチップを接合した後の断面である。Cuステム上のメタライズ膜として、Ni-Au以外にNi-Ag、Agめっき等がある。Siチップ側のメタライズ膜として、Cr-Ni-Au、Ni-Au、Ni-Ag、Ni-Sn等が可能である。

【0028】

Zn-Al-Mg-Ge系はんだにSnもしくはInめっきを施すと、Zn-Al-Mg-Ge系はんだの液相線温度以上に温度を上げることで、SnもしくはInは容易にぬれ拡がりZn-Al-Mg-Ge系はんだに溶解する仕組みである。SnもしくはInは多いとZn-Al-Mg-Geの中には固溶できず、粒界に低温のSn-Zn相、もしくはIn-Zn相を析出してくる。意図的にSnもしくはIn相を多数分散析出させることで、変形はSn-Zn相、In-Zn相で接合強度はZn-Al系の固相で分担させることができる。従って、Zn-Al-Mg-Ge系はんだボールにSnもしくはInめっきを施し、Zn-Al-Mg-Geボールに固溶できないSnもしくはIn相を意図的に残すことにより、変形をSnもしくはIn層で吸収させることで、はんだの剛性を緩和させることもできる。

【0029】

更に剛性緩和のため、はんだで被覆した1 μ mレベルのプラスチックボールを混ぜた状態で使用することにより、耐衝撃性は向上し、ヤング率は低下する。このため、このはんだを用いた継手の耐熱疲労性は向上する。なお、予め、はんだの中にSnを多く入れるのではなく、Zn-Al-Mg-Ge系はんだボールにSnもしくはInめっきをしたり、Sn、Inのボールを適正量分散混入させて、真空中でZn-Al-Mg-Geボール間に塑性流動させても良い。Zn-Sn、Zn-Inの低温相よりもSn、Inの独立した系の方が柔かいので変形に対して望ましい。

【0030】

上記実施例に示した工程で作製した複合箔はリールに巻いて切断工程を含めて連続供給できる。温度階層を必要とする部品の封止部、端子接続部に対して、該形状に合わせパンチング加工等で抜いて、基板もしくは部品側に固定し接続部をパルス方式の加圧型ヒートツールで窒素雰囲気下でフラックスレスで接続することができる。予熱時の酸化防止、ぬれ性を確保するため、Snめっきされた箔が望ましい。

【0031】

(実施例5)

図5(a)はフラックスを用いなくて、窒素雰囲気中でパルス加熱による抵抗加熱体でチップ8と中継基板36の間に箔を載せ、ダイボンド39後、Au線のワイヤボンド35で、チップ上の端子と中継基板36上の端子とを繋ぎ、Ni-AuめっきしたAl等のフィン23と中継基板の間に箔を載せ、窒素雰囲気中で抵抗加熱体でフラックスレス封止24を行ったBGA、CSPの断面である。内部にR、Cのチップを搭載したモジュール実装に対しても同様に応用が可能である。特に、高出力チップの場合、Alを含んだ熱伝導性に優れる複合材であるので、熱伝導性に優れる中継基板への熱伝導が可能である。モジュール内部の小型チップ部品の実装はCu-Sn、Au-Sn等の混合系高融点はんだペーストが可能である。

【0032】

図5(b)左は同じくZn-Al-Mg-GeボールとAlボールで作った箔をパンチングで切り抜いたもの40で、図5(b)右は窒素雰囲気中でパルス加熱による加圧体41で箔40とAlフィン23を加熱するモデルの断面である。なお、水素等の還元雰囲気炉でのフラックスレスのリフロー接続も可能である。

【0033】

図5(c)は複合はんだ箔の断面モデルであり、Snめっき17は複合はんだ箔11の周囲を取り囲んでいる。

【0034】

上記実施例に示した工程で作製した複合箔を用いて、水素炉、還元雰囲気炉等でリフロー接続も可能である。

【0035】

(実施例6)

次に、モータドライバーIC等の高出力チップの樹脂パッケージへの適用例を示す。図6(a)はリードフレーム18と熱拡散板19とを張り合わせてかしめた平面図で、かしめ個所20は

10

20

30

40

50

2個所である。図6(b)はパッケージの断面図であり、図6(c)はその一部の拡大である。3Wレベルの発熱チップ8からの熱ははんだ11を介してヘッドの熱拡散板(Cu系の低膨張複合材)19に伝わる。

【0036】

図7はパッケージの工程図を示す。リード材は42Alloy系で、ダム切断後、リード切断成形前にSn系はんだめっきが施される。Siチップ8の裏面の電極は、Cr-Ni-Au、Cr-Ni-Ag、Ti-Ni-Ag、Ti-Ni-Au等の薄膜もしくはNi-Agめっき等である。チップのダイボンドは窒素を吹き付けて、パルスの抵抗加熱体で、初期加圧2kgf、400℃で10秒間で行った。はんだ厚の制御は初期加圧時の位置(150μm膜厚)から20μm下がったところでセットし、一定はんだ厚を確保した。高出力チップのため、ポイド率低減が重要であり、目標の5%以下を達成できた。該はんだはAlボールが入っているため、はんだが自由に動き回ることなく、その点では構造的に、ポイドが発生し難くなっている。厳しい温度サイクルに対しても、Alの柔軟性により良好な特性を示す。固相線温度が300℃以上であることから、260℃の高温でも高信頼性を確保できるはんだである。ダイボンド、ワイヤボンド35後、樹脂モールド21され、ダム切断され、リード18にはSn-Bi系のPbフリーはんだが2~8μm施される。更に、リード切断成形され、不要な部分の熱拡散板を切断して完成する。

【0037】

図8は一般的なプラスチックパッケージに適用した例である。Siチップ8裏面が42Alloyのタブ22上に導電ペースト24で接着されている。素子はワイヤボンド35を通してリード18に繋がれ、樹脂21モールドされる。その後、リードにはPbフリー化に対応したSn-Bi系のめっきが施される。従来はプリント基板実装に対して、融点; 183℃のSn-37Pb共晶はんだが使用できたので、max220℃でリフロー接続ができた。Pbフリー化になるとSn-3Ag-0.5Cu(融点; 217~221℃)でリフロー接続を行うことになるので、max240℃となり、最高温度が約20℃高くなる。このため、Siチップ8と42Alloyのタブ22の接続に、耐熱性の導電ペーストが使用されてきたが、高温での接着力は低下するので、信頼性に影響することが予想される。そこで、導電ペーストの代わりに該はんだ箔11を使用することで、260℃の高温でも十分な強度を確保できる。このプラスチックパッケージへの応用は、Siチップとタブとを接続するパッケージ構造すべてに適用できる。構造上、Gull Wingタイプ、Flatタイプ、J-Leadタイプ、Butt-Leadタイプ、Leadlessタイプ等がある。

【0038】

(実施例7)

図9はパワーモジュール接続に適用した例である。ダイオードのSiチップ8は6.5mmレベルの寸法を対象にする場合が多い。このため、従来は軟らかいPbリッチ系高温系はんだが使われてきた。そこで、ここでは圧延性に優れるZn-6Al-5GeボールとAlボールを混合して作製した箔を使用する。5~10μmのZn-5Al-5Geボールと5~10μmのAlボールを重量比で約1:1に混合して、真空中もしくは還元雰囲気中で熱間ホットプレスでZn-5Al-5GeをAlボール間に塑性流動させ、更に圧延してはんだ箔を作製する。この箔を必要な寸法に切りだし、SiチップとNiめっきを施したMo板もしくはインバーとCuとの複合体でできた低熱膨張基板46との間、該低熱膨張基板とNiめっき45されたCu板間49に、該はんだ箔を搭載し、400℃の水素炉で一括してリフロー接続した。この継手を温度サイクル試験、パワーサイクル試験にかけても、これまでのPb入りはんだと同等な寿命を有することを確認できた。

【0039】

更に、Snめっきされたプラスチックボールのゴムを分散させることで低ヤング率化により、より耐熱衝撃性を向上させることができ、より大型Siチップの接合を可能にする。なお、パルス加熱方式のダイボンダーで窒素を吹き付け、max 420℃、10秒間で加圧接合する方式でも可能である。また、パルス加熱方式で仮付けし、その後、水素炉で一括してリフローする接続方式も可能である。

【0040】

【発明の効果】

10

20

30

40

50

圧延できるZn-Al-Ge等は硬いため、大型チップ等の接続は困難であった。そこで柔らかいAlを混合することで、見掛け上の剛性を下げることで、高信頼性を可能にした。該はんだを用いた接続は電子部品実装に限定されるものではなく、構造部材の接続、封止等に対しても低弾性、変形能に優れることから、接続信頼性に優れた半導体装置、電子機器等の提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】複合ボールで作る複合体金属の製作工程の図

【図2】弾性体のプラスチックボールを分散させた圧延前後の断面モデルの図

【図3】ダイボンドプロセスの一例を示す断面モデルの図

【図4】ダイボンドされた断面のモデル図

10

【図5】LSI、キャップを基板に接続する箔及び断面のモデルの図

【図6】配合はんだ箔によるダイボンド接続部の断面モデルの図

【図7】パッケージの工程図を示す図

【図8】プラスチックパッケージの断面モデル図

【図9】パワーモジュールの断面モデルの図

【符号の説明】

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1.カーボン治具 | 21.樹脂モールド |
| 2.Alボール | 22.タブ |
| 3.Zn-4Al-3Mg-4Geボール | 23.Alフィン |
| 4.Zn-4Al-3Mg-4Ge | 24.導電ペースト |
| 5.ロール | 25.封止 |
| 6.プラスチックボール | 35.ワイヤボンド |
| 7.抵抗加熱体ツール | 36.AIN中継基板 |
| 8.Siチップ | 37.接続端子 |
| 9.真空吸引穴 | 38.Cr-Ni-Ag |
| 10.窒素 | 39.ダイボンド |
| 11.はんだ箔 | 40.箔 |
| 12.素子の端子部 | 41.加圧体 |
| 13.ステム | 42.Niメタライズ |
| 15.予熱用ヒータ | 43.中継基板 |
| 16.熱電対 | 44.メタライズ |
| 17.Snめっき | 45.Niめっき |
| 18.リードフレーム | 46.低熱膨張基板 |
| 19.熱拡散板 | 47.はんだ |
| 20.かしめ | 49.Cu板 |

20

30

【 图 1 】

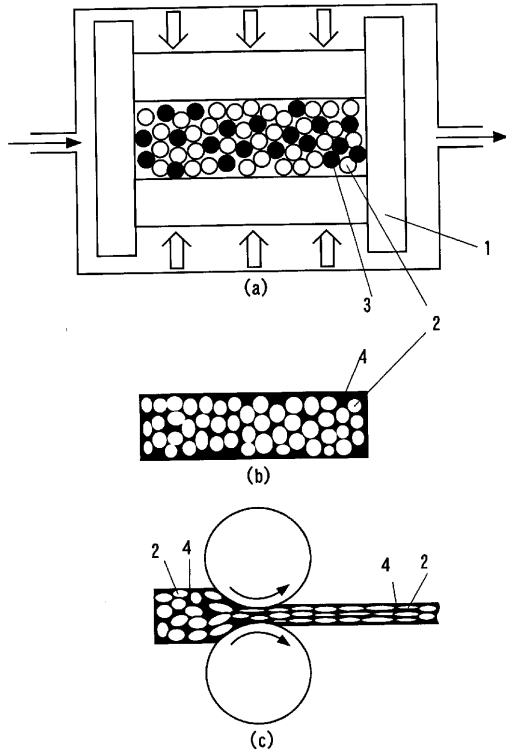


图 1

【 图 2 】

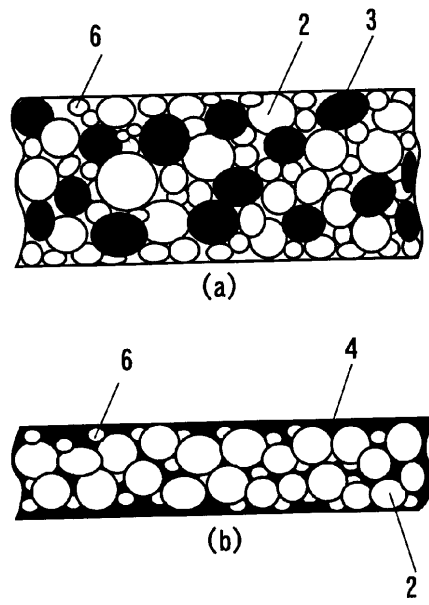


图 2

【 图 3 】

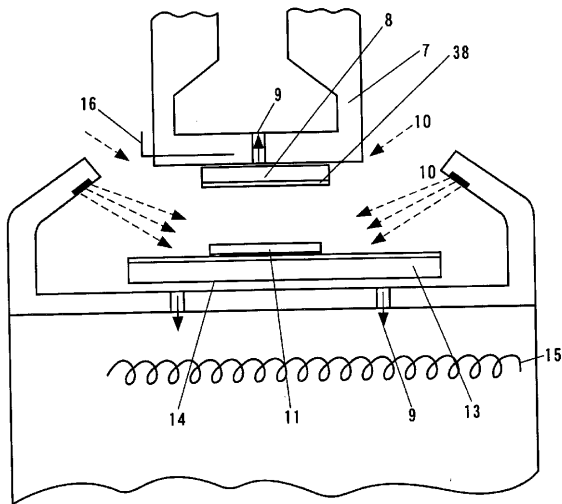


图 3

【 图 4 】

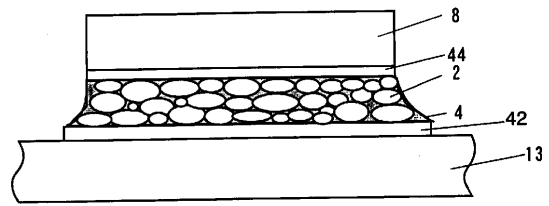


图 4

【 図 5 】

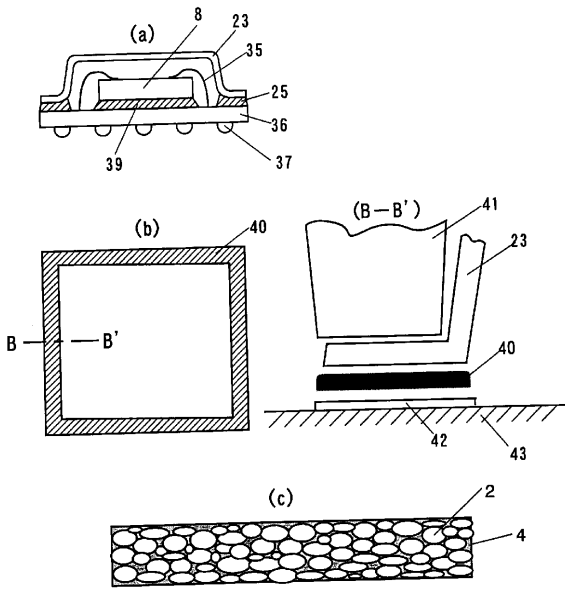


図5

【 図 6 】

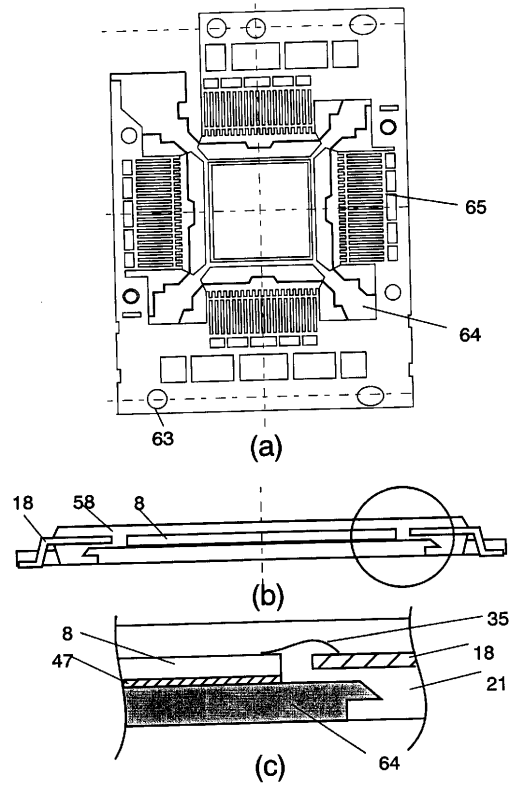


図6

【 図 7 】

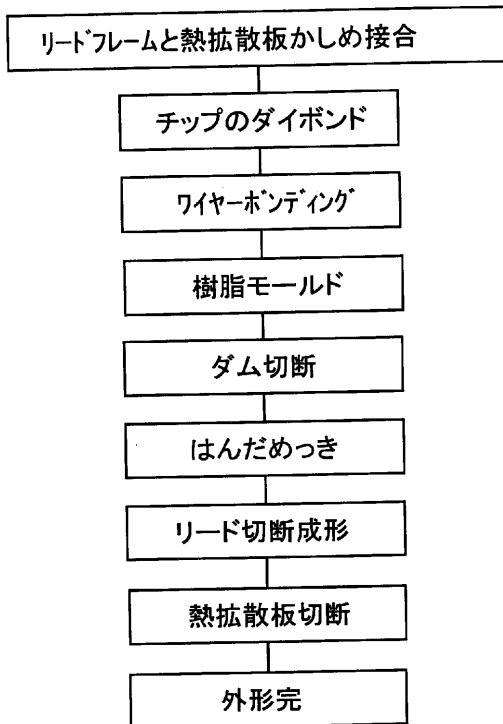


図7

【 図 8 】

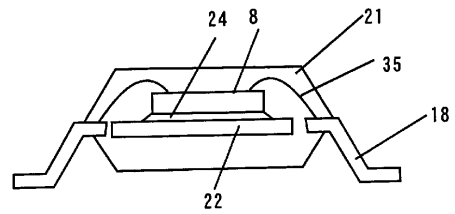


図8

【 図 9 】

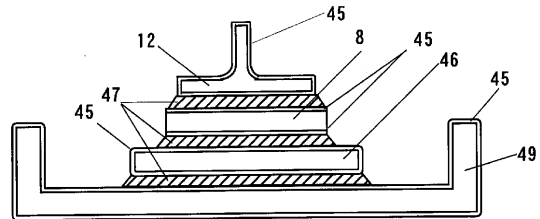


図9

フロントページの続き

- (72)発明者 秦 英恵
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 岡本 正英
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 中塚 哲也
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

審査官 小川 武

- (56)参考文献 特開平08-047793(JP,A)
特開平10-180483(JP,A)
特開平04-017994(JP,A)
特開昭53-124150(JP,A)
特開2000-208533(JP,A)
清水ら, ダイアタッチ向けPbフリーはんだ用Zn-Al-Mg-Ga合金, 第5回エレクトロニクスにおける
マイクロ接合・実装技術シンポジウム論文集, 1999年 2月 4日, P.305-308

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 35/00-35/40
C22C 18/00-18/04
H05K 3/34