



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105033496 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 11

(21) 申请号 201510388451. 1

(22) 申请日 2015. 07. 03

(71) 申请人 北京康普锡威科技有限公司

地址 101407 北京市怀柔区雁栖开发区乐园大街 6 号

(72) 发明人 贺会军 张富文 刘希学 王志刚
胡强 朱捷 刘征

(74) 专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司 11100

代理人 刘徐红

(51) Int. Cl.

B23K 35/14(2006. 01)

B23K 35/26(2006. 01)

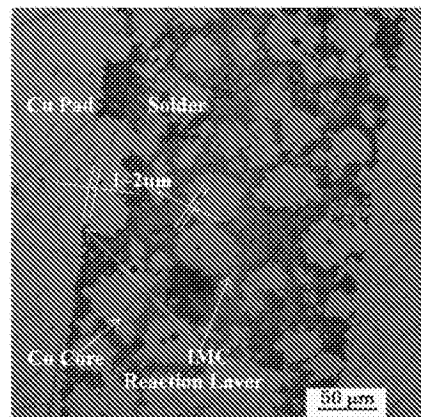
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种高强高导复合型无铅高温焊料及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高强高导复合型无铅高温焊料及其制备方法,属于无铅焊料的制造技术领域。该焊料由锡基焊粉、铜合金粉和助焊膏组成。先称取锡基焊粉、铜合金粉、助焊膏;将锡基焊粉和助焊膏置于容器中搅拌均匀;将铜合金粉加入容器中继续搅拌至三种组分均匀,即得到高温无铅焊膏。该方法制备的复合焊料有效解决了三种组分的均匀混合问题和宽粒度范围粉末带来的锡膏印刷质量问题;显著改善锡基焊料焊后的耐高温性差难题,同时能够改善焊后导电/导热性不足和大负载蠕变等问题,并有效缓解了焊后凝固收缩造成的孔洞/空洞问题,可替代现有高Pb含量的高温焊料用于大功率第三代半导体分立器件封装。



1. 一种高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:该焊料由锡基焊粉、铜合金粉和助焊膏组成。

2. 根据权利要求1所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的锡基焊粉为 Sn-Bi 系或 Sn-Sb 系焊粉。

3. 根据权利要求2所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的 Sn-Bi 系焊粉为 Sn-Bi 系共晶合金或过共晶合金焊粉。

4. 根据权利要求2所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的锡基焊粉为 SnBi58、SnBi57Ag1、SnSb5、SnSb10 或 SnSb10Ni0.5 焊粉。

5. 根据权利要求1所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的铜合金粉中,铜的重量含量为 80% -100%。

6. 根据权利要求5所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的铜合金粉为 Cu 粉或 Cu-Sn 粉。

7. 根据权利要求6所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的 Cu-Sn 粉为 CuSn10 粉或 CuSn20 粉。

8. 根据权利要求1所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的锡基焊粉与铜合金粉均为球形粉或近球形粉末,粒径尺寸分布相同。

9. 根据权利要求1所述的高强高导复合型无铅高温焊料,其特征在于:所述的锡基焊粉与铜合金粉的重量比为 20:1 ~ 2:1,所述的助焊膏为总焊料重量的 10-12wt%。

10. 权利要求1-9 中任一项所述的高强高导复合型无铅高温焊料的制备方法,包括如下步骤:

- 1) 配料:称取锡基焊粉、铜合金粉、助焊膏;
- 2) 将锡基焊粉和助焊膏置于容器中搅拌均匀;
- 3) 将铜合金粉加入容器中继续搅拌至三种组分均匀,即得到高温无铅焊膏。

一种高强高导复合型无铅高温焊料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高强高导复合型无铅高温焊料及其制备方法,该焊料由锡基焊粉、铜合金粉和助焊膏三种组分通过均匀搅拌复合而成。属于无铅焊料的制造技术领域,特别是无铅高温焊膏技术范畴。

背景技术

[0002] 重视环保、提倡绿色产品是当今世界经济发展的大趋势,电子产品的无铅化就是其中一项重大举措。在中低温含铅焊料的无铅化替代方面,经过十几年的研究已经得到了可靠性验证,并已被广泛应用,然而高铅焊料 [$w(\text{Pb}) > 85\%$] 至今却还没有合适的替代品,在 RoHS 指令中也因此得到了暂时豁免。但根据指令计划:欧盟 RoHS 指令将逐步取消豁免项目。例如,到 2016 年底整车钎焊料中的铅豁免将被解除,届时将实现整个系统的全面无铅化,高铅焊料也将被替代,因此制备出性能良好的可用于替代车载用高铅焊料的无铅产品意义重大。

[0003] 目前对高温无铅焊料在合金材料方面的研究主要集中在 Au-Sn 合金、Sn-Sb 基合金、Zn-Al 基合金和 Bi 基合金等四类:

[0004] 1、80Au-Sn 焊料: Au-Sn 共晶焊料的熔点为 280°C ,与高铅焊料的熔点最相近,兼容性好,与低熔点的无铅共晶钎料相比(约 217°C),具有更大的稳定性和可靠性。但是该焊料较脆,并且由于 Au(w) 为 80% 成本太高,因而主要用于光电子封装、高可靠性(如 InP 激光二极管)、大功率电子器件电路气密封装和芯片封装中。

[0005] 2、Sn-Sb 合金: 由于 Sn-Sb [$w(\text{Sb}) \leq 10\%$] 合金熔化区间较窄 ($232 \sim 250^{\circ}\text{C}$),并且与现有焊料相容性良好,因而作为高温无铅焊料的候选材料。但其熔点较低,特别是焊料无铅化以来由于现有无铅焊料的熔点较 Sn-Pb 共晶合金的高(一般高 $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$),封装温度会有所提升,导致多级组装时后续回流或波峰焊温度会超过其熔点,进而影响封装器件的可靠性,甚至造成产品报废。

[0006] 3、Zn-Al 合金: Rettenmayr 等和 Shimizu 等分别提出用 Zn 基合金来取代 95Pb-5Sn 焊料实现芯片连接。但 Zn 基合金加工性差,且容易氧化而导致润湿不良,并且 Zn 基合金的较高活性也使得焊接可靠性以受到质疑,因此很大程度上限制了该类合金的应用。

[0007] 4、Bi 基合金: Bi 基合金由于熔点合适 (270°C 左右)、填充性能良好,被认为是取代传统高 Pb 焊料的无铅候选焊料,如日本村田制作所公布的 JP2001-205477 专利合金。Bi-Ag 系焊料是研究得最多的 Bi 基合金,常温下 Bi 和 Ag 的互溶度很小,其共晶合金熔点为 262.5°C ,研究表明其延伸率比 SnAg25Sb10(J 合金,熔点 365°C) 还好,增加 Ag 含量可提高 Bi-Ag 合金的强度,并可改善其合金的脆性,但总体上比 SnAg25Sb10 合金小,并且增加了合金成本。

[0008] 另一种是制造复合焊料,具体又可分为两类:外加粒子机械混合法和原位反应生成法。

[0009] 机械混合法是在钎料基体中溶入外加颗粒作为弥散体从而形成复合钎料。即使

温度升高这些弥散体在母体中仍旧有很小的溶解度。Lin 等人在普通的 Sn-Pb 钎料中添加 TiO_2 和 Cu 纳米粉末从而得到纳米复合铅基钎料焊膏。为了相对均匀地分散钎料基体中的增强体, Mavoori 和 Jin 等人发展了一涂覆颗粒然后反复塑性变形以达到纳米颗粒在钎料基体中均匀弥散的方法。在这种方法中, 共晶 Sn-37Pb 钎料合金粉末 ($35 \mu\text{m}$) 和纳米尺寸 TiO_2 (5nm) / Al_2O_3 (10nm) 粉末通过剧烈摇晃在以达到在乙醇中完全离散并且以合适的比例混合, 然后通过持续的搅拌形成涂覆上氧化物颗粒的 Sn-Pb 膏体。Tsao 等人研究了在 Sn-3.5Ag-0.25Cu 中系列添加 TiO_2 纳米颗粒。结果表明在 Sn-Ag-Cu 无铅钎料中添加 0.25-1wt. % TiO_2 纳米颗粒导致其液相温度和增加了 $3.5-5.9^\circ\text{C}$ 。SAC 无铅钎料的金相观察显示 β -Sn 晶粒尺寸以及 Ag_3Sn 相和 Ag_3Sn 相之间的间隔减小。从机械行为方面来看, 在 SAC 无铅钎料中添加较大含量的 TiO_2 纳米颗粒可以提高显微硬度, 而其延伸性有一定程度的降低。Masazumi 将纳米尺度的金属颗粒和 Au 加入到 Sn-Ag 基无铅钎料中, 研究这些纳米颗粒是否能够在四次重熔过程和长时间的高温时效后减缓金属间化合物的生长; 同时还研究了在高冲击拖拉测试中这些纳米颗粒是否能够减少在金属间化合物断裂的概率。除了金属间化合物的分析, 还研究了纳米颗粒对钎料跌落测试性能的影响效果。结果显示: 与其它几种元素相比, Co、Ni 和 Pt 对多次重熔过程中金属间化合物的生长抑制以及跌落测试性能的提升非常有效。

[0010] 原位法是另一种制备复合钎料的主要方法, 在加工处理钎料合金本身的过程中形成增强纳米颗粒。其中, 嵌入钎料基体增强颗粒不是来自外加增强体。Lee 等人用这种原位法制成了一种用 Cu_6Sn_5 增强的复合钎料。他们添加了涂覆 RMA 型钎剂的 Cu 粉末 ($\sim 1 \mu\text{m}$) 到 Sn-3.5Ag 共晶钎料中, 并且在氩气气氛中将它置于 Al_2O_3 坩埚中熔化。为了促进 Sn 与 Cu 之间的反应, 当温度升高到 573K 时机械搅拌混合有 Cu 粉的熔化钎料。钎料在这个温度保持一分钟, 然后在酒精中快速冷却从而固化。凝固的铸锭被热轧成薄片, 然后冲压成圆片。在最高温度为 523K 的温度梯度下, 将圆片在硅油的圆柱容器中重熔。熔化的圆片在表面张力的作用下形成直径 $760 \mu\text{m}$ 的钎料球。通过这个过程可以得到均匀弥散分布的复合钎料。Hwang 等人研制了一种制备复合钎料的原位法, 步骤如下: 氩气气氛下将纯净的 Sn、Ag、Cu 铸锭在可渗透的瓷坩埚中熔化, 然后将钎料混合物浇铸到一个铁模子中。通过轧制浇铸片制备 IMC 颗粒增强的钎料条, 然后冲压成直径为 1.5mm 的薄片, 最后通过热油浴形成直径 $630 \mu\text{m}$ 的钎料球。浇铸过程中在钎料基体中形成的初始 IMC 树枝状枝晶在塑性工作中能够被压碎成为良好的颗粒, 因此轧制后 IMC 颗粒在钎料基体中能够均匀弥散分布。

[0011] 美国专利 6,360,939 B1 披露了一种制造电子工业中的无铅焊膏的方法, 该焊膏具有一基本焊料粉末和—在焊接过程中不熔化的添加金属粉末成分, 所添加粉末的熔点比基本焊料粉末的熔点高很多, 基本焊料粉末包括 80-90% 的 Sn 和 1-20% 的 Ag, 添加粉末金属选自包括 Sn、Ni、Cu、Ag 和 Bi 及其他混合物的金属组元; 美国 Akron 大学的研究人员通过在 Sn-Pb 焊料中加入铜或氧化钛的纳米颗粒显著提高了焊点强度; IBM 公司则通过加入钼和钽纳米颗粒制备了复合焊料, 中国专利 CN 1672858A 公开了含有记忆合金颗粒的锡银焊料; 中国专利 CN 1672859A 公开了含有纳米氧化锆颗粒增强型锡银焊料及其制法; 而美国专利 US 2002/0040624 A1 和 CN 1732063A 公布的复合焊料在焊接过程中两种组分均系熔化态, 要求焊料中两组分的熔点差要小于 15°C 。

[0012] 复合焊料中不同组分熔化 (溶解) 与否不仅取决于复合焊料本身包含的不同组分

间的熔点差,而且与不同组分间相互浸润扩散系数和焊接时的工艺窗口等息息相关。上述研究和专利报道,均未提及复合焊料中不同组分粉末的形貌、粒径规格和尺寸分布的匹配性对焊料的影响,在焊接过程中的不同组分间相互作用及焊后复合焊料界面存在形态对焊点(或焊缝)的电热性能的影响;对在高温焊料体系基体中添加大比例的规格和尺寸分布相当的高导热导电粒子更是鲜有报道;特别是,焊料作为一种特殊的功能材料,其在使用过程中需要再熔化和凝固结晶过程,这对复合焊料体系显得尤为重要,由于焊料焊后的凝固收缩和空洞及其在高温服役过程中的热胀冷缩是造成非全熔化体系复合焊料在行业难以实际应用的关键。

发明内容

[0013] 本发明目的在于提供一种高强高导复合型无铅高温焊料及其制备方法,在焊接过程中,使焊料中高熔点金属粒子能够与周边低熔点成分原位反应形成高熔点 IMC,同时消耗内部低熔点组分,从而大幅提高 Sn-Sb 或 Sn-Bi 二元合金焊后的耐温能力,使其所形成的焊点具有更高的重熔温度,提高耐温度疲劳性和耐温度冲击性。实现低温焊料的高温应用,替代传统高 Pb 合金及高成本 Au-Sn 合金。同时,为了便于锡膏的印刷使用及机械复合过程中的均匀性控制,复合焊料中的不同粉末采用了颗粒规格和尺寸分布匹配相当的两种组分。

[0014] 本发明创造性的采用低冷缩型或冷胀型基体焊粉中匹配添加同粒度及规格的高导热、导电粒子,以期减少通常使用的锡基合金(如 Sn-Cu 或 Sn-Ag-Cu)在焊后凝固过程中较大的凝固收缩量引起的复合焊料中缺陷的增多现象及焊后温度服役下因热胀冷缩引起的失效。本发明高温焊料中独特的含有较大比例的高导电/导热的高温金属粒子,在焊接作业时能够抑制坍塌及桥连,焊后充当骨架及导电/热通道(铜核);同时焊料中低熔点组分靠毛细作用渗透到铜核缝隙中形成致密无缺陷的焊点,并依赖原位反应,在复合焊料界面处消耗低熔点合金成分,提高焊点强度及焊后耐高温性能,以满足其高温应用场合的使用。

[0015] 本发明采取以下的技术方案:

[0016] 一种高强高导复合型无铅高温焊料,该焊料由锡基焊粉,铜合金粉,和助焊膏三种组分组成。

[0017] 所述的锡基焊粉为 Sn-Bi 系或 Sn-Sb 系通用焊粉,该类锡基焊粉具有一个共同特点就是属于低冷缩型或冷胀型材料。

[0018] 所述的 Sn-Bi 系焊粉为 Sn-Bi 系共晶合金或过共晶合金焊粉。

[0019] 所述的锡基焊粉包括 SnBi58、SnBi57Ag1、SnSb5、SnSb10 和 SnSb10Ni0.5 焊粉等。

[0020] 所述的铜合金粉中,铜的重量含量为 80% -100%。优选的,所述的铜合金粉为纯 Cu 粉或 Cu-Sn 粉($Cu \geq 80\%$);所述的 Cu-Sn 粉为 CuSn10 粉或 CuSn20 粉。该类金属粉的特点是具有高导电、导热性。

[0021] 所述的高强高导复合型无铅高温焊料中,锡基焊粉与铜合金粉两种金属组分的粉末形貌、粒径规格及尺寸分布相近。优选的,锡基焊粉与铜合金粉均为球形粉或近球形粉末,粒径尺寸分布范围相同。

[0022] 所述的高强高导复合型无铅高温焊料中,组分的比例满足锡基焊粉与铜合金粉的重量比例为 20:1 ~ 2:1,助焊膏占总焊料重量的 10-12wt%。

[0023] 上述高强高导复合型无铅高温焊料的制备方法,其制备过程包括如下步骤:

[0024] 1) 配料:称取锡基焊粉、铜合金粉、助焊膏;

[0025] 2) 将锡基焊粉和助焊膏置于容器中搅拌均匀;

[0026] 3) 将铜合金粉加入容器中继续搅拌至三种组分均匀,即得到高温无铅焊膏,存储备用。

[0027] 有益效果:采用低冷缩型或冷胀型的 Sn-Sb 或 Sn-Bi 焊料作为基础焊料,减少了通常使用的锡基合金(如 Sn-Cu 或 Sn-Ag-Cu)在焊后凝固过程中较大的凝固收缩量引起的复合焊料中缺陷的增多现象,提升焊点温度循环寿命。同时添加的具有高导热、导电特征的 Cu 或 Cu-Sn 高温金属粒子,发挥了复合焊料中不同组分的优势,在焊接作业时能够抑制坍塌及桥连,焊后充当骨架及导电/热通道;并且焊料中低熔点成分靠毛细作用渗透到铜核周围缝隙中形成致密无缺陷的焊点,并依赖原位反应,在复合焊料界面处消耗低熔点合金成分,同时形成连续的高温骨架,提高焊点强度及焊后耐高温性能,能够满足其高温应用场合的使用。

[0028] 下面通过附图和实施例对本发明进行详细说明。应该理解的是,所述的实施例仅仅涉及本发明的优选实施方案,在不脱离本发明的精神和范围情况下,各种组分及含量的变化和改进都是可能的。

附图说明

[0029] 图 1 为本发明高强高导复合型无铅高温焊料的制备工艺流程图。

[0030] 图 2A 和图 2B 分别为本发明高强高导复合型无铅高温焊料回流前示意图和回流后焊点的金相照片。

[0031] 图 3A 和图 3B 分别为本发明高强高导复合型无铅高温焊料回流焊前焊料的 DSC 测试曲线和回流后焊料 DSC 曲线测试。

[0032] 图 4 为本发明不同组分的高强高导复合型无铅高温焊料的抗拉力绘制曲线。

具体实施方式

[0033] 如图 1 所示,为本发明高强高导复合型无铅高温焊料的制备工艺流程,锡基焊粉和助焊膏混合后进行搅拌,加入铜合金粉,继续搅拌,得到高温无铅焊膏。具体制备过程包括如下步骤:1) 配料,即,称取锡基焊粉、一定比例的铜合金粉($100\% \geq \text{Cu} \geq 80\%$)、一定比例的助焊膏;2) 将锡基焊粉和一定比例的助焊膏置于容器中搅拌;3) 将铜合金粉均匀导入搅拌容器中继续搅拌至三种组分均匀;4) 制备出高温无铅焊膏,存储备用。

[0034] 实施例 1 T3 型 SnSb10Ni0.5+CuSn20 高强高导复合型无铅高温焊料的制备:

[0035] 1) 分别称取 SnSb10Ni0.5 常规 T3 型 (25-45 μm) 高温焊粉、粒度在 25-45 μm 的 CuSn20 粉末和通用高温助焊膏;SnSb10Ni0.5 常规 T3 型 (25-45 μm) 高温焊粉、CuSn20 粉末的重量比为 20:1,请参照表 1 中的实施例 1,通用高温助焊膏占焊料总重量的 10w%;

[0036] 2) 将 SnSb10Ni0.5 常规 T3 型 (25-45 μm) 高温焊粉和通用高温助焊膏置于锡膏搅拌釜中,将 SnSb10Ni0.5 粉与助焊膏搅拌成均一的膏体;

[0037] 3) 向上述膏体中缓慢添加 CuSn20 粉末,并继续搅拌 5min 两次,中间停顿一次清理搅拌釜壁粘附;

[0038] 4) 将焊膏倒入焊膏盒中,即得到:T3型 SnSb10Ni0.5:CuSn20 = 20:1、助焊膏比例为 10wt% 的高强高导复合型无铅高温焊料,放入冰箱储藏备用。

[0039] 实施例 2 T4 型 SnSb10Ni0.5+CuSn20 高强高导复合型无铅高温焊料的制备:

[0040] 1) 分别称取 SnSb10Ni0.5 常规 T4 型 (20-38 μm) 高温焊粉、粒度在 20-38 μm 的 CuSn20 粉末和通用高温助焊膏;SnSb10Ni0.5 常规 T4 型 (20-38 μm) 高温焊粉、CuSn20 粉末的重量比参照表 1 中的实施例 2,为 2:1,通用高温助焊膏占焊料总重量的 10w% ;

[0041] 2) 将 SnSb10Ni0.5 常规 T4 型 (20-38 μm) 高温焊粉和通用高温助焊膏置于锡膏搅拌釜中,将 SnSb10Ni0.5 粉与助焊膏搅拌成均一的膏体;

[0042] 3) 向上述膏体中缓慢添加 CuSn20 粉末,并继续搅拌 5min 两次,中间停顿一次清理搅拌釜壁粘附;

[0043] 4) 将焊膏倒入焊膏盒中,即得到:T4 型 SnSb10Ni0.5:CuSn20 = 2:1、助焊膏比例为 10wt% 的高强高导复合型无铅高温焊料,放入冰箱储藏备用。

[0044] 实施例 3-4 T5 或 T6 型 SnSb10Ni0.5+CuSn10 高强高导复合型无铅高温焊料的制备:

[0045] 分别按照 SnSb10Ni0.5 常规 T5 型 (15-25 μm) 或 T6 型 (5-15 μm) 高温焊粉、相同粒径尺寸分布的 CuSn10 粉末 (粒度分别为 15-25 μm 或 5-15 μm) 的重量比为 10:1 和 5:1 (表 1 中的实施例 3 和 4),通用高温助焊膏占焊料总重量的 10w%,称取原料;其它制备步骤参照实施例 1,得到:T5 型 SnSb10Ni0.5:CuSn20 = 10:1 或 T6 型 SnSb10Ni0.5:CuSn20 = 5:1、助焊膏比例为 10wt% 的高强高导复合型无铅高温焊料。

[0046] 表 1 为实施例 1-4 制备的典型高强高导复合型无铅高温焊料与对比焊料性能比较。由表 1 可以看到,本发明焊料的热导率明显高于对比焊料,实施例 1-4 焊料的热导率为 50-81W/mK,而对比焊料的热导率仅为 9-38W/mK。

[0047] 表 1 典型复合无铅高温焊料与对比焊料性能

[0048]

实施 例	复合焊料中两种金属粉末组 分重量比例	剪切强度 (Cu) MPa	热导率 W/mK	铺展面积(Ni) mm ² /0.2mg
1	SnSb10Ni0.5:CuSn20=20:1	31	50	62
2	SnSb10Ni0.5:CuSn20=2:1	35	81	61.5
3	SnSb10Ni0.5:CuSn10=10:1	33	69	60
4	SnSb10Ni0.5:CuSn10=5:1	32	63	58

[0049]

对 比 样	Sn-92.5Pb-2.5Ag	30	9	56
	Sn-90Pb	30.3	38	68.9
	Sn-95Pb	28.9	36	70

[0050] 实施例 5-28

[0051] 参照表 2 中实施例 5-28 的复合焊料中两种金属粉末粒度和重量比例,分别称取锡

基焊粉、铜粉或 Cu-Sn 合金粉, 占总焊料重量 10w% 的通用高温助焊膏; 将锡基焊粉和助焊膏置于容器中搅拌; 将铜粉或 Cu-Sn 合金粉均匀加入容器中继续搅拌至三种组分均匀; 制备得到高温无铅焊膏, 存储备用。

[0052] 表 2 为本发明典型实例的高强度高导复合型无铅高温焊料的组分及其应用温度。由表 2 可以看到, 本发明高强度高导复合型无铅高温焊料的焊接温度为 180-300℃, 焊点耐高温能力 > 260℃。均能满足焊点抗二次回流 (一般电子组装二次回流温度低于 260℃) 的要求。

[0053] 表 2 典型的高强度高导复合型无铅高温焊料中金属组分匹配及焊接温度

[0054]

实施例	复合焊料中两种金属粉末组分重量比例	复合焊料中两种金属粉末粒度	焊接温度℃	焊点耐高温能力℃
5	SnBi58:Cu=20:1	T3 (25μm-45μm)	180	>260℃
6	SnBi58:Cu=2:1	T4 (20μm-38μm)	200	>260℃
7	SnBi58:CuSn20=20:1	T5 (15μm-25μm)	180	>260℃
8	SnBi58:CuSn20=2:1	T6 (5μm-15μm)	200	>260℃
9	SnSb5:Cu=20:1	T3 (25μm-45μm)	300	>260℃
10	SnSb5:Cu=2:1	T4 (20μm-38μm)	300	>260℃
11	SnSb10:Cu=20:1	T5 (15μm-25μm)	300	>260℃
12	SnSb10:Cu=2:1	T6 (5μm-15μm)	300	>260℃
13	SnSb5:CuSn20=20:1	T3 (25μm-45μm)	300	>260℃
14	SnSb5:CuSn20=2:1	T4 (20μm-38μm)	300	>260℃
15	SnSb10:CuSn10=20:1	T5 (15μm-25μm)	300	>260℃
16	SnSb10:CuSn10=2:1	T6 (5μm-15μm)	300	>260℃
17	SnBi58:Cu=4:1	T3 (25μm-45μm)	200	>260℃
18	SnBi58:Cu10=10:1	T4 (20μm-38μm)	200	>260℃
19	SnSb10:Cu=5:1	T5 (15μm-25μm)	300	>260℃

[0055]

20	SnSb10:Cu20=15:1	T6 (5 μ m-15 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
21	SnBi58:Cu=4:1	T3 (25 μ m-45 μ m)	200	>260 $^{\circ}$ C
22	SnBi58:CuSn10=10:1	T4 (20 μ m-38 μ m)	200	>260 $^{\circ}$ C
23	SnSb10:Cu=5:1	T5 (15 μ m-25 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
24	SnSb10:CuSn20=15:1	T6 (5 μ m-15 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
25	SnBi57Ag1:Cu=20:1	T3 (25 μ m-45 μ m)	180	>260 $^{\circ}$ C
26	SnBi57Ag1:Cu=2:1	T4 (20 μ m-38 μ m)	200	>260 $^{\circ}$ C
27	SnBi57Ag1:CuSn20=20:1	T5 (15 μ m-25 μ m)	180	>260 $^{\circ}$ C
28	SnBi57Ag1:CuSn20=2:1	T6 (5 μ m-15 μ m)	200	>260 $^{\circ}$ C
1	SnSb10Ni0.5:CuSn20=20:1	T3 (25 μ m-45 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
2	SnSb10Ni0.5:CuSn20=2:1	T4 (20 μ m-38 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
3	SnSb10Ni0.5:CuSn10=10:1	T5 (15 μ m-25 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C
4	SnSb10Ni0.5:CuSn10=5:1	T6 (5 μ m-15 μ m)	300	>260 $^{\circ}$ C

[0056] 如图 2A 和图 2B 所示,分别为本发明实施例 1 高强高导复合型无铅高温焊料回流前示意图和回流后焊点的金相照片。

[0057] 从金相照片可以看出:

[0058] (1) 铜颗粒与锡焊料边界有 Cu-Sn 间 IMC 层,厚度约 1-2 μ m,边界形貌类似于刺球形(团簇状),融合状态正和预期的理想状态;

[0059] (2) 刺球的颗粒尺寸为 30-40 μ m 与复合焊料中添加的铜粉末粒度相当,说明没有过度融合(即,保留了铜核),也进一步印证了预期,即能够形成良好焊点。呈“团簇状”分布的铜合金粒子,在某一方向上能够形成贯穿通道,提升合金导热/导电能力;组织中连续的富 Sn 相已消失,离散的填充在 Cu 骨架、界面层和 SnSb 相之间的缝隙,这也是该类焊料耐高温能力 > 260 $^{\circ}$ C 的根本原因。

[0060] (3) 复合焊料与 Cu 基板间的 IMC 层厚度同样约 1-2 μ m,说明采用的焊接工艺比较理想。

[0061] 如图 3A 和图 3B 所示,分别为本发明实施例 2 高强高导复合型无铅高温焊料回流焊前焊料的 DSC 测试曲线和回流后焊料 DSC 曲线测试。从中可以看出:回流前复合焊料在 300 $^{\circ}$ C 以下有明显吸热峰,说明在 300 $^{\circ}$ C 以下即发生熔化现象,而回流后的焊料(即焊接后)的低温吸热峰已经不明显,说明其耐高温能力明显提升。

[0062] 如图 4 所示,为本发明不同组分的高强高导复合型无铅高温焊料与典型对比焊料的抗拉力绘制曲线,从左到右分别为 SnSb10Ni0.5、SnSb10Ni0.5+5% CuSn20、SnSb10Ni0.5+15% CuSn20、SnSb10Ni0.5+20% CuSn20、SnSb10Ni0.5+25% CuSn20、SnSb10Ni0.5+30% CuSn20、SnPb92.5Ag2.5 焊料。从抗拉力测试结果可以看出本发明系列高强高导复合型无铅高温焊料的焊接结合强度均高于目前通用的 Sn5Pb92.5Ag2.5 高温焊料。

[0063] 本发明的高强高导复合型无铅高温焊料由低收缩率的锡基焊粉、一定比例的粒度

相当的高导铜粉或 Cu-Sn 合金粉和一定比例的高温助焊膏复合而成。其制备过程是先称取锡基焊粉和要求比例的助焊膏并置于具有搅拌装置的容器中,然后在其搅拌过程中将定量配比的铜粉或 Cu-Sn 合金粉均匀导入其中,形成锡基粉末 - 铜粉或 Cu-Sn 合金粉 - 助焊膏三种组分的均匀复合体,该方法制备的复合焊料有效解决了三种组分的均匀混合问题和宽粒度范围粉末带来的锡膏印刷质量问题。该焊料利用复合焊料中两种不同粉末间界面原位反应消耗低熔点组分,显著改善锡基焊料焊后的耐高温性差难题,同时高导粒子能够改善焊后导电 / 导热性不足和大负载蠕变等问题,并通过材质选择和比例优化有效缓解了复合材料的焊后凝固收缩造成的孔洞 / 空洞问题,可替代现有高 Pb 含量的高温焊料用于大功率第三代半导体分立器件封装。

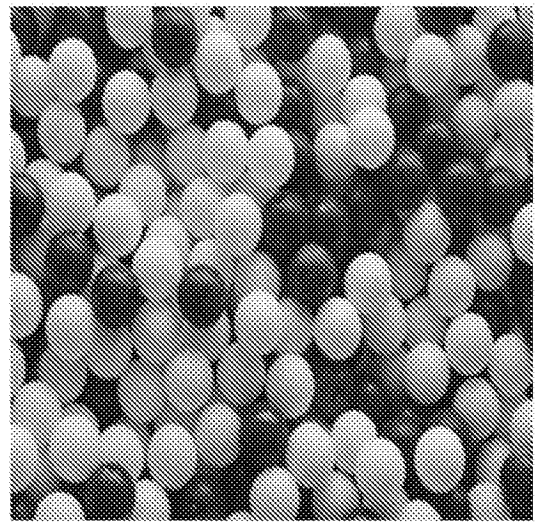
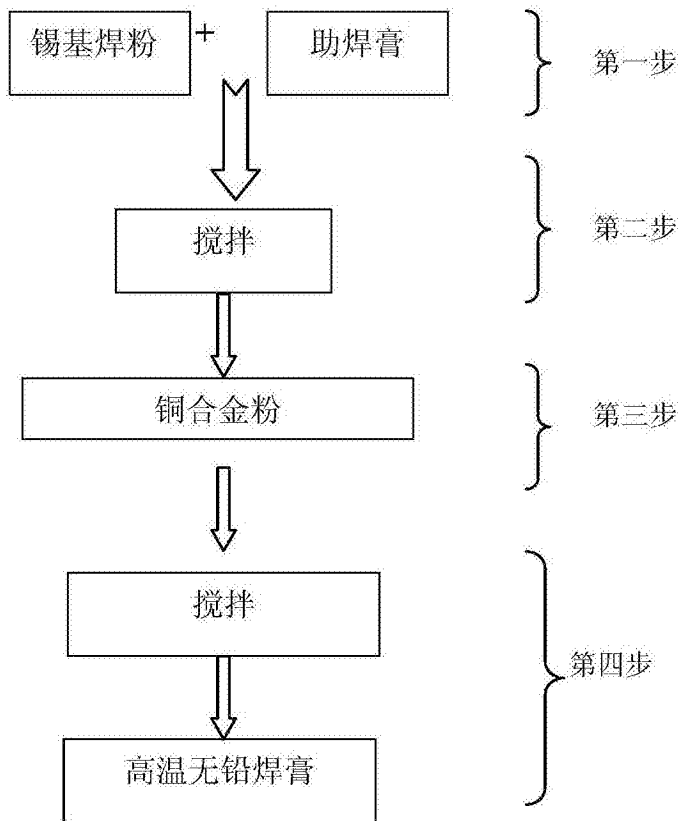


图 2A

图 1

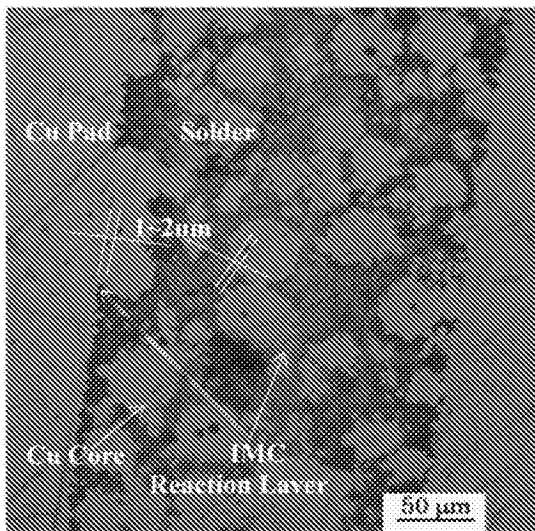


图 2B

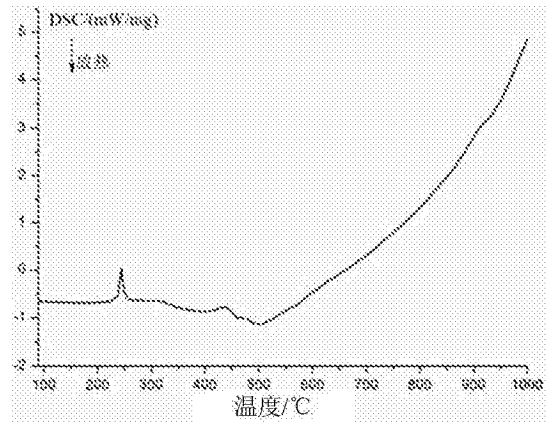


图 3A

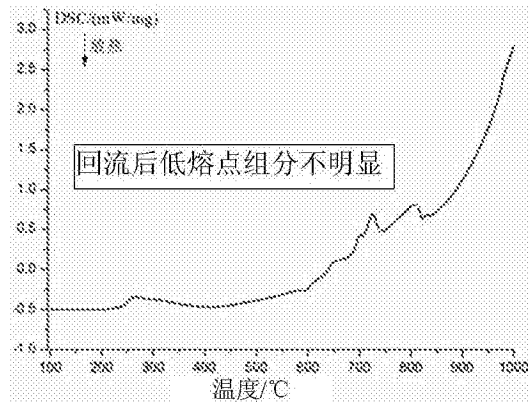


图 3B

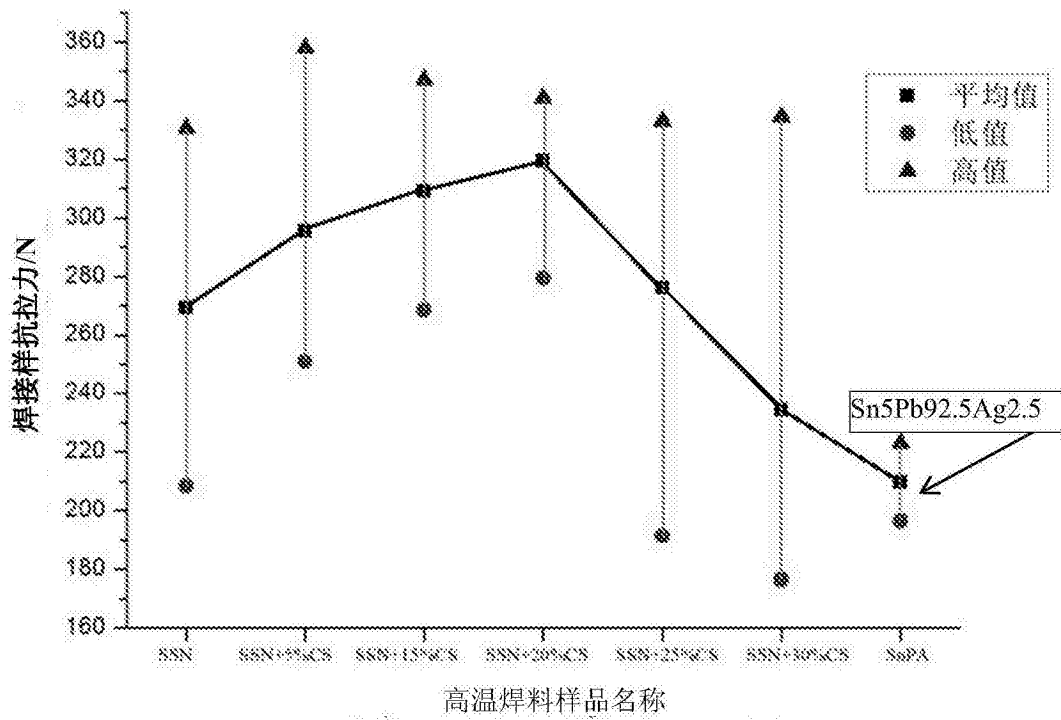


图 4