

一种焊料组合物及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及焊料技术领域,具体涉及一种焊料组合物及其制备方法和应用。

背景技术

[0002] 随着半导体封装向高密度、大尺寸、超薄化发展,球栅阵列(BGA)组件的封装尺寸已达 $\geq 20 \times 20$ mm,基板厚度 < 0.3 mm,焊球间距 < 0.35 mm,此类组件在无铅回流焊及冷却过程中面临严重的热翘曲与热撕裂问题,成为制约良率与可靠性的核心瓶颈。

[0003] 中国发明专利申请CN116275698A提供了一种SAC305无铅焊锡膏用助焊剂,通过对助焊剂各组分的优化,同时添加缓蚀剂对钎料起到化学包覆作用,减缓活性剂对钎料的腐蚀,提升焊锡膏室温储存寿命。但现有无铅焊料的液相线温度通常为 $217-220^{\circ}\text{C}$,回流焊峰值温度需达 $240-250^{\circ}\text{C}$ 才能确保完全熔融。此高温下,封装、PCB基板与硅芯片的热膨胀系数(CTE)差异显著,导致组件动态翘曲量达 $50-200$ 微米,非共面性问题直接引发焊球与BGA封装间的热撕裂,对于尺寸 $\geq 20 \times 20$ mm的BGA,此类翘曲导致的良率损失占比约30%。

[0004] 在回流焊冷却阶段,硅芯片(CTE约 2.5 ppm/ $^{\circ}\text{C}$)、基板(CTE约 $15-18$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$)和SAC焊料(CTE约 $22-24$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$)之间的差异收缩会导致正在凝固的焊点产生高残余应力,当焊料部分凝固且残余应力超过焊料延展性时,就会发生热撕裂,由此产生的微裂纹会在使用过程中扩展,导致早期失效。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术存在的上述问题,本发明第一方面提供了一种焊料组合物,包括第一合金和第二合金;所述第一合金按照重量百分比计,包括 $65-78\%$ Sn、 $18-30\%$ In和 $2-5\%$ Ag;所述第二合金按照重量百分比计,包括 $94-97\%$ Sn、 $2-7\%$ Ag,Cu补足余量。

[0006] 在一种实施方式中,所述第一合金按照重量百分比计,包括 $70-77\%$ Sn、 $20-25\%$ In和 $3-4\%$ Ag;所述第二合金按照重量百分比计,包括 $95.5-96.5\%$ Sn、 $3-4\%$ Ag,Cu补足余量。

[0007] 在一种实施方式中,所述第一合金按照重量百分比计,包括 76.5% Sn、 20% In和 3.5% Ag。

[0008] 在一种实施方式中,所述第一合金按照重量百分比计,包括 71.5% Sn、 25% In和 3.5% Ag。

[0009] 在一种实施方式中,所述第二合金按照重量百分比计,包括 96.5% Sn、 3% Ag和 0.5% Cu。

[0010] 在一种实施方式中,所述第二合金为SAC305。

[0011] 在一种实施方式中,所述第一合金和第二合金的质量比为 $(1-4):1$ 。可列举为 $1:1$ 、 $2:1$ 、 $3:1$ 、 $4:1$ 。

[0012] 在一种实施方式中,所述焊料组合物在回流前的液相线温度低于 190°C ,在回流后的固相线温度高于 200°C 。

[0013] 本发明中控制两种合金按照 $(1-4):1$ 的质量比混合,形成在回流前的液相线温度

低于190℃,在回流后的固相线温度高于200℃的焊料组合物。在峰值温度介于190℃至200℃之间的回流过程中,第一合金引发第一合金与第二合金之间的相互扩散,形成高熔点合金,使固相线温度升高至不低于200℃。如此高的固相线温度可防止冷却过程中发生热裂。

[0014] 在一种实施方式中,所述焊料组合物回流焊后接头包含 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 和 $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 的金属间化合物。

[0015] 本发明中焊料组合物根据应用场景铸造成不同的形态。在一种实施方式中,所述焊料组合物的形态包括焊球、焊膏、焊丝或预制件。

[0016] 本发明第二方面提供了一种焊料组合物的制备方法,至少包括以下步骤:

将油酸助焊剂加入第一合金和第二合金中并置于290-310℃的热板上加热至完全熔融,混合搅拌均匀即得到所述焊料组合物。

[0017] 在一种实施方式中,所述油酸助焊剂为油酸,CAS号:112-80-1。

[0018] 本发明第三方面提供了一种焊料组合物的应用,应用于球栅阵列、芯片级封装和倒装芯片组件的焊点连接。

[0019] 有益效果

1、本发明提供的焊料组合物通过优化第一合金和第二合金的成分比例以及第一合金和第二合金的质量比例,使其回流前液相线温度低于190℃,回流后固相线温度高于200℃。当峰值温度设定在190℃至200℃之间时,在峰值温度介于190℃至200℃之间的回流过程中,第一合金引发第一合金与第二合金之间的相互扩散,形成高熔点合金,使固相线温度升高至不低于200℃。如此高的固相线温度可防止冷却过程中发生热裂。

[0020] 2、本发明焊料组合物在回流焊后形成的接头中包含 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 和 $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 等金属间化合物,这些化合物增强了接头的机械强度和耐热性,进一步提升了焊接质量。

[0021] 3、本发明通过提供一种焊料组合物,该焊料组合物在回流前具有双重熔化行为,在回流后具有较高的固相线温度,从而解决了由基板、封装和焊点之间的热膨胀系数(CTE)不匹配引起的热裂问题。

[0022] 4、本发明焊料组合物以焊球、焊膏、焊丝或预制件等多种形式提供,灵活适应不同封装工艺与设备需求,特别是在球栅阵列、芯片级封装和倒装芯片组件等高密度、大尺寸、超薄化封装领域展现出显著的优势和应用潜力。

附图说明

[0023] 图1为实施例2焊料组合物回流前第一合金(a)与第二合金(b)的DSC热分析图。

[0024] 图2为回流后焊料组合物的DSC热分析图。

[0025] 图3为用于焊料组合物测试的BGA复制试验装置示意图,图中a为球栅阵列(BGA)组件;b为焊锡球;c为焊膏;d为印刷电路板(PCB)组装。

[0026] 图4为回流后焊料组合物金属间化合物(IMC)分布的微观结构图。

具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例和附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。实施例中未注明具体条件的实验方法,按照常规条件或制造商建议的条

件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0028] 实施例1

本例第一方面提供了一种焊料组合物,包括第一合金和第二合金;

所述第一合金按照重量百分比计,包括76.5%Sn、20%In和3.5%Ag;

所述第二合金为SAC305,按照重量百分比计,包括96.5%Sn、3%Ag和0.5%Cu。

[0029] 所述第一合金和第二合金的质量比为2:1。

[0030] 所述焊料组合物回流焊后接头包含 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 和 $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 的金属间化合物。

[0031] 所述焊料组合物在回流前的液相线温度为192.36℃,在回流后的固相线温度为204.41℃。

[0032] 本例第二方面提供了一种焊料组合物的制备方法,包括以下步骤:

将油酸助焊剂加入第一合金和第二合金中并置于300℃的热板上加热至完全熔融,混合搅拌均匀即得到所述焊料组合物。

[0033] 所述油酸助焊剂为油酸,CAS号:112-80-1。

[0034] 所述焊料组合物的形态为焊膏。

[0035] 本例第三方面提供了一种焊料组合物的应用,应用于球栅阵列、芯片级封装和倒装芯片组件的焊点连接。

[0036] 实施例2

本例第一方面提供了一种焊料组合物,包括第一合金和第二合金;

所述第一合金按照重量百分比计,包括71.5%Sn、25%In和3.5%Ag;

所述第二合金为SAC305,按照重量百分比计,包括96.5%Sn、3%Ag和0.5%Cu。

[0037] 所述第一合金和第二合金的质量比为2:1。

[0038] 所述焊料组合物回流焊后接头包含 Ag_3Sn 、 Cu_6Sn_5 和 $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 的金属间化合物。

[0039] 所述焊料组合物在回流前的液相线温度为192-193℃,在回流后的固相线温度为208.15℃。

[0040] 本例第二方面提供了一种焊料组合物的制备方法,包括以下步骤:

将油酸助焊剂加入第一合金和第二合金中并置于300℃的热板上加热至完全熔融,混合搅拌均匀即得到所述焊料组合物。

[0041] 所述油酸助焊剂为油酸,CAS号:112-80-1。

[0042] 所述焊料组合物的形态为焊膏。

[0043] 本例第三方面提供了一种焊料组合物的应用,应用于球栅阵列、芯片级封装和倒装芯片组件的焊点连接。

[0044] 图1为回流前第一合金(a)与第二合金(b)的DSC热分析图,图中(a)对应第一合金(Sn-In-Ag)的DSC曲线:在175-190℃区间出现明显放热峰,对应合金液相线温度,证明其低温熔融特性;图中(b)对应第二合金(SAC)的DSC曲线:在217-221℃区间出现放热峰,对应SAC305的液相线温度,显著高于Sn-In-Ag的熔点。

[0045] 图2为回流后焊料组合物的DSC热分析图,从图中可以看出,回流后焊料的固相线温度 $208.15^\circ\text{C} > 200^\circ\text{C}$,满足冷却阶段不熔融、防热裂的需求。

[0046] 用于焊料组合物测试的BGA复制试验装置示意图如图3所示。

[0047] 图4为回流后焊料组合物金属间化合物(IMC)分布的微观结构图。

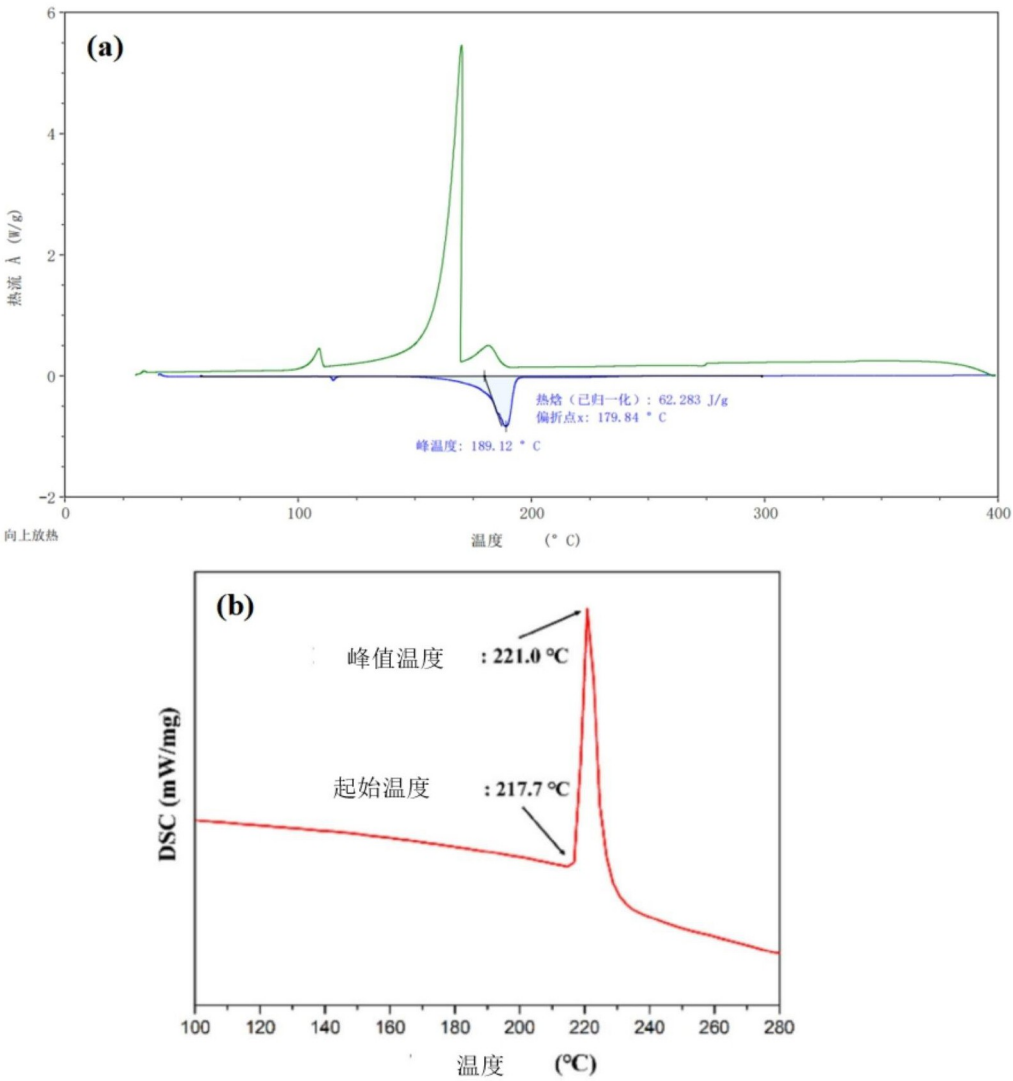


图1

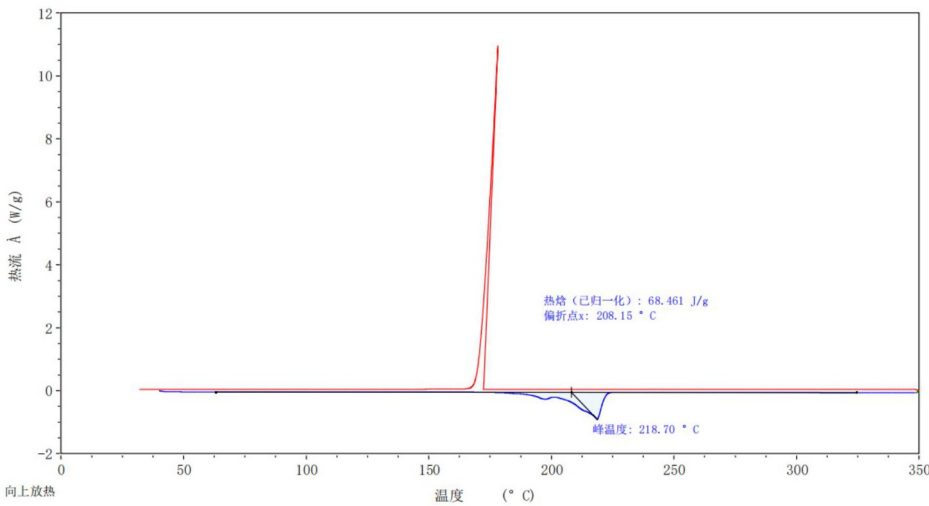


图2

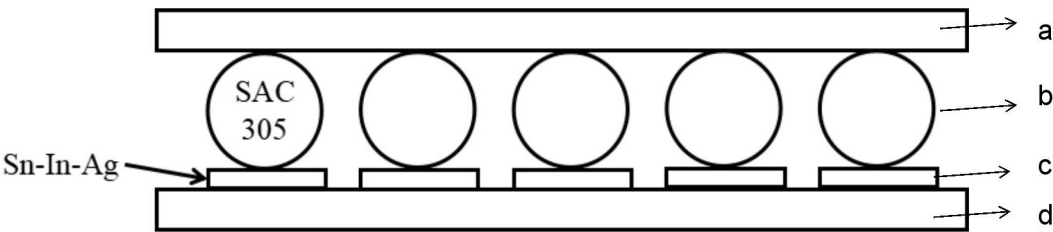


图3

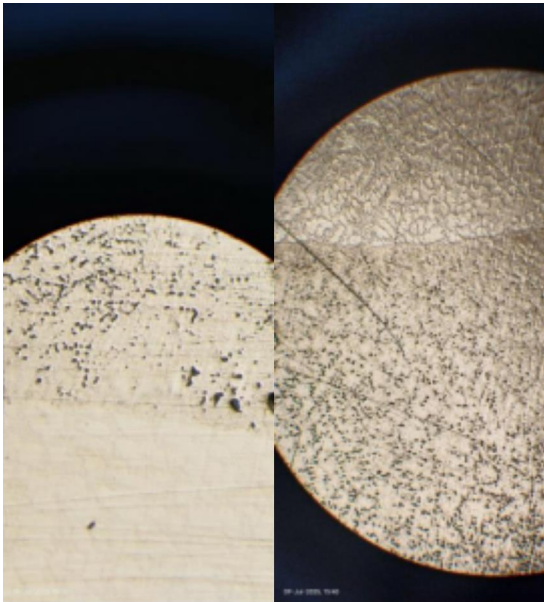


图4